

통계청 정책연구용역

원격탐사 기술을 이용한 경지총조사 방법 개발
(Development of cultivated land survey method
using Remote Sensing Technology)

2008. 12.

통 계 청

제 출 문

통 계 청 장 귀 하

본 보고서를 “원격탐사기술을 이용한 경지총조사 방법 개발” 과제의 연구결과보고서로 제출합니다.

2008년 12월 17일

(주)비엔티솔루션 김 계 영

연 구 진

연구책임자 민 병 결((주)비엔티솔루션 이사)
공동연구자 김 은 모((주)비엔티솔루션 부장)
이 지 민((주)비엔티솔루션 과장)
함 보 영((주)비엔티솔루션 과장)
이 은 아((주)비엔티솔루션 과장)
강 성 원((주)비엔티솔루션 팀장)
연구보조원 변 혜 경((주)비엔티솔루션 대리)
박 응((주)비엔티솔루션 대리)
심 보 영((주)비엔티솔루션 대리)
이 민 경((주)비엔티솔루션 사원)

원격탐사 기술을 이용한 경지총조사 방법 개발
(Development of cultivated land survey method
using Remote Sensing Technology)

목 차

제 1 장. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	2
3. 연구의 내용 및 방법	2
제 2 장. 해외 선진사례 심층조사	7
1. 개요	7
2. 미국사례 심층조사	8
3. 일본사례 심층조사	18
제 3 장. 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 시범사업	43
1. 연구대상지역 선정	43
2. 참조자료 수집 및 DB 구축	52
3. 위성영상 전처리	56
4. 위성영상분류	68
5. 단위구 모집단 생성 자동화 알고리즘 개발	107
6. 단위구 모집단 생성	115
7. 층화맵 제작	121
8. 표본 단위구 추출 및 필지분할	125
9. 위성영상분류결과에 의한 경지면적 추출결과	128
제 4 장. 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 추진방안	131

1. 표준 업무 프로세스	131
2. 원격탐사를 이용한 경지총조사	132
제 5 장. 향후 추진방안	145
1. 원격탐사기술을 활용한 농업통계생산의 목표시스템 구축	145
2. 시범연구결과에 의한 전국단위 확대 방안	148
3. 투자비용 대비 효과분석	154
4. 향후추진과제 및 기대효과	157
5. 기타 위성영상 검토	160
제 6 장. 요약 및 결론	175
1. 연구의 목적	175
2. 해외사례 심층조사	176
3. 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 방법 개발	179
4. 향후 추진 방안	182
5. 결론	184
참고문헌	189

부록 I. 시범대상지역 위성영상 모자이크 결과물	195
김제시	197
김포시	199
연기군	201
부록 II. 시범대상지역 영상분류 최종성과물	203
김제 분류맵	205
김포 분류맵	207
연기 분류맵	209
부록 III. 시범지역 층화맵 제작 결과물	211
김제 층화맵	213
김포 층화맵	215
연기 층화맵	217
부록 IV. 시범대상지역 표본 단위구 요도 샘플	219
1층_연기군	221
2층_연기군	223
3층_김포시	225
4층_김제시	227
5층_김제시	229
부록 V. 시범지역 현장조사대장 샘플	231

표 목 차

<표 1> KOMPSAT-2호 영상의 국내 보급처	1
<표 2> 미국의 일반적인 층화기준	10
<표 3> 일본의 농림업 경영체 규정	19
<표 4> 「다이치(ALOS)」 위성의 주요제원	22
<표 5> 「다이치(ALOS)」 위성의 관측운용상황	23
<표 6> 사용가능 영상 분류 기준	45
<표 7> 대상지역의 위성영상 현황	51
<표 8> 참조자료 분석 및 변환방법	58
<표 9> 대상지역의 기하보정 정확도	64
<표 10> Resample방법에 따른 면적비교	75
<표 11> 농경지 분류시 개별항목	76
<표 12> Region growing 방식을 지원하는 프로그램 비교	81
<표 13> KOMPSAT-2 영상의 Segmentation 옵션	86
<표 14> 2차 분류영상에 대한 정확도_김포시	105
<표 15> 육안판독 완료 후 분류영상에 대한 정확도_김포시	105
<표 16> 2차 분류영상에 대한 정확도_김제시	105
<표 17> 육안판독 완료 후 분류영상에 대한 정확도_김제시	106
<표 18> 2차 분류영상에 대한 정확도_연기군	106
<표 19> 육안판독 완료 후 분류영상에 대한 정확도_연기군	106
<표 20> 단위구 모집단 자동생성 알고리즘 성능 결론	113
<표 21> Balance 조절 순서 A	114
<표 22> Balance 조절 순서 B	115
<표 23> 분류결과물의 DB 필드 정의서	116

<표 24> 생성된 단위구 면적 및 비율	121
<표 25> 층별 단위구 수	123
<표 26> 농경지별 면적	128
<표 27> 각 자료별 경지면적 비교	128
<표 28> 육안판독기준	139
<표 29> 원격탐사기술을 이용한 전국 경지총조사 사업시 소요비용	149
<표 30> 목표시스템 내역 및 소요비용	150
<표 31> 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 인건비 산출 내역	153
<표 32> 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 직접경비 산출 내역	154
<표 33> 투자비용 대비 효과	155
<표 34> 향후 비용편익 분석을 위한 원격탐사기술 적용시 비용항목	156
<표 35> 향후 비용편익 분석을 위한 원격탐사기술 적용시 편익항목	156
<표 36> KOMPSAT-5 채원	168
<표 37> 인공위성영상별 정규식생지수 산출법	170

그 립 목 차

<그림 1> 국외사례심층조사 진행흐름도	7
<그림 2> 미국의 Area Frame 구축과정	8
<그림 3> 펜실베니아주 Area Frame	9
<그림 4> 펜실베니아주 PSU, Segment	9
<그림 5> 펜실베니아주의 층화기준과 층화맵	10
<그림 6> PSU 구축방법 및 결과	11
<그림 7> 표본 PSU 추출 및 최종 표본 단위구 선정	12
<그림 8> 단위구 요도 및 Field Office의 현장조사	12
<그림 9> CDL Program의 주요 Input Data	14
<그림 10> Regression Template	15
<그림 11> 미국의 원격탐사를 활용한 재배면적추정 과정	16
<그림 12> 2005 아이오와-일리노이-인디애나주 CDL	16
<그림 13> 일본의 농업통계조사 체계	20
<그림 14> 「다이치(ALOS)」 위성의 전체 구성도	24
<그림 15> 경지파악을 위한 참조도로서 ALOS 영상의 이용	25
<그림 16> ALOS PRISM 데이터를 이용한 농경지도 제작 및 활용	26
<그림 17> 일본의 모집단 정비시 항공사진 활용 사례	27
<그림 18> 일본의 면적조사 흐름과 위성영상 이용	28
<그림 19> 두 시기 SAR 영상에 의한 벼 경작지의 검출	29
<그림 20> 「수치지도 1/25,000(지도영상)」으로 벼 비경작지 마스크 작성	30
<그림 21> 두시기 RADARSAT+GIS 데이터 사용 방법 플로차트	32
<그림 22> 두 시기 RADARSAT+GIS 데이터 사용방법결과와 통계치 비교	32
<그림 23> 도시지역, 수역, 논외의 dB(Backscatter)치의 시계열 변화	33

<그림 24> SAR 영상의 모심기 직후 논과 성장한 논의 비교	34
<그림 25> 시기 RADARSAT+GIS 데이터 이용한 벼 수확면적 추출 결과	38
<그림 26> Bragg 공명 산란	39
<그림 27> 항공기 폴라리메트릭 SAR 에 의한 농지 관측 예 (L 밴드)	40
<그림 28> Even성분과 VV/HH의 편파비 이용한 Bragg 산란포장 추출	41
<그림 29> 위성영상 검색 과정	43
<그림 30> 위성영상 DB 구축 및 Index Shape 제작 결과	44
<그림 31> 남한지역의 5월~9월 영상 현황	44
<그림 32> 검색 대상지별 사용가능 영상 현황	48
<그림 33> 시군구별 경지면적 비교	49
<그림 34> 시범 연구대상지역	50
<그림 35> 수치지형도에서 도로 레퍼런스 추출	52
<그림 36> 센서스 지도	53
<그림 37> KLIS 데이터	54
<그림 38> 작물재배면적조사표 디지털화	54
<그림 39> 면적 표본조사 단위구 요도	55
<그림 40> 표본 단위구 요도 제작	55
<그림 41> 참조자료별 형태 비교	59
<그림 42> 두 지형도 정보가 일치하는 지역과 불일치 지역	59
<그림 43> 센서스지도에 도로가 추가된 경우	60
<그림 44> 수치지형도 기준 참조자료에 따른 위치 변화	61
<그림 45> 참조자료별 위치정확도 비교	61
<그림 46> 기하보정 작업과정	63
<그림 47> 기하보정 전후 KOMPSAT-2 영상 비교	64
<그림 48> Mosaic 작업과정	65
<그림 49> Mosaic 결과	66

<그림 50> Rescale을 통한 bit수와 용량의 변화	67
<그림 51> See-5 분석에 이용된 Input 데이터와 See-5의 .name 파일	69
<그림 52> 세가지 영상을 이용한 See-5 분석결과	70
<그림 53> KOMPSAT-2 겨울영상을 이용한 See-5 분석결과	70
<그림 54> 감독분류와 무감독분류의 결과	71
<그림 55> Resample한 영상(좌:Nearest, 우:Cubic)	72
<그림 56> Resample한 영상의 화소값 비교	73
<그림 57> Resample method에 따른 분류결과	74
<그림 58> 김포시 감독분류영상	77
<그림 59> 김제시 감독분류영상	77
<그림 60> 연기군 감독분류영상	78
<그림 61> 기하보정 전후 KOMPSAT-2 영상 비교	81
<그림 62> 객체기반분류를 위한 영상 분할	82
<그림 63> Input 자료에 따른 Segmentation 테스트 결과	83
<그림 64> Resample Method에 따른 테스트 결과	84
<그림 65> 다양한 Input 자료에 따른 Segmentation 테스트 결과	85
<그림 66> Option 별 Segmentation 테스트 결과	87
<그림 67> 객체기반 분류 결과물 - 김제시	88
<그림 68> 객체기반 분류 결과물 - 김포시	88
<그림 69> 객체기반 분류 결과물 - 연기군	89
<그림 70> 영상 촬영일이 동일한 영상끼리의 객체 분류 결과 편집	90
<그림 71> 영상 촬영일이 서로 다른 영상끼리의 객체 분류 결과 편집	91
<그림 72> 영상분류결과의 합성	92
<그림 73> 합성방법에 따른 결과 비교(Union 과 Majority)	93
<그림 74> 말으로 오분류된 논	94
<그림 75> 논으로 오분류된 습지	94

<그림 76> 논으로 오분류된 나지	95
<그림 77> 논으로 오분류된 구조물	95
<그림 78> 밭으로 오분류된 초지	96
<그림 79> 수역으로 오분류된 밭	96
<그림 80> 밭으로 오분류된 수역	97
<그림 81> 시설로 오분류된 밭	97
<그림 82> 과수로 오분류된 산림	98
<그림 83> 산림으로 오분류된 과수	98
<그림 84> 시설로 오분류된 구조물	99
<그림 85> 구조물으로 오분류된 시설	99
<그림 86> 연기군 최종분류지도	100
<그림 87> 김포시 최종분류지도	101
<그림 88> 김제시 최종분류지도	101
<그림 89> 현장조사대장_김포시_밭	104
<그림 90> 전체 구성도	108
<그림 91> 검색 방법	109
<그림 92> AABS 검사 알고리즘	109
<그림 93> AABS 개념도	110
<그림 94> 정밀 검사 알고리즘	110
<그림 95> 단위구 관리 알고리즘	111
<그림 96> 경지 삼입 순서도	112
<그림 97> Balance 조절 기능 A	114
<그림 98> Balance 조절 기능 B	114
<그림 99> 단위구 할당 결과 DB 구축과정	118
<그림 100> 단위구 모집단 생성 결과 - 연기군	119
<그림 101> 단위구 모집단 생성 결과 - 김포시	120

<그림 102> 단위구 모집단 생성 결과 - 김제시	120
<그림 103> 층화기준 변경	122
<그림 104> 신 층화기준(안)에 의한 층화맵과 부분확대	123
<그림 105> 신 층화기준(안)에 의한 층화맵 - 김포시	124
<그림 106> 신 층화기준(안)에 의한 층화맵 - 김제시	124
<그림 107> 신 층화기준(안)에 의한 층화맵 - 연기군	125
<그림 108> 김포시 과수층 표본 단위구 요도 샘플	126
<그림 109> 표본 단위구의 현장조사	127
<그림 110> 지목이 “임”인 곳의 농경지 이용	129
<그림 111> 원격탐사를 이용한 경지총조사 표준 업무프로세스	131
<그림 112> 목표 시스템 구성도	146
<그림 113> 목표시스템의 하드웨어 구성도	147
<그림 114> 3개 시군 작업시 소요인력 기준 전국 작업시 소요인력 산출	152
<그림 115> Kompsat-2 영상 공급처별 제공데이터 목록 비교	158
<그림 116> SAR 탑재위성의 신호획득	161
<그림 117> 구름을 투과하여 획득한 레이더 영상	161
<그림 118> SAR 시스템 특징	162
<그림 119> SAR 영상을 이용한 벼 논 추출	163
<그림 120> SAR 영상을 이용한 피복분류	164
<그림 121> Radarsat, Landsat TM 영상의 융합	165
<그림 122> JERS-1 SAR, Landsat TM 영상의 융합	166
<그림 123> VH/VV 편광비의 토지항목 특징	167
<그림 124> 마이크로파의 분류	168
<그림 125> 미국 농업 위성정보 활용 프로세스	171
<그림 126> 미국 농업통계국 NDVI 활용 사례	171
<그림 127> 국가별 재배면적, 작황 산출 위성정보 현황	172

<그림 128> 유럽의 NOAA AVHRR과 SPOT VGT NDVI 활용 사례	172
<그림 129> 한반도 식생지수 현황	174

제 1 장. 서 론

1. 연구의 필요성

- 미국·EU·일본 등에서 인공위성 영상을 판독해 농업통계를 생산하는 원격탐사기술(Remote Sensing : RS)이 이미 실용화
 - 경지면적조사, 경지모집단관리, 재배면적조사, 작황예측분석 등에 활용
- 우리나라는 '06년 다목적실용위성 2호(KOMPSAT-2)의 성공적 발사로 저렴한 국산 고해상도 위성영상의 활용이 가능
 - '우주개발진흥기본계획'에 따라 2010년 5호(전천후 레이더영상), 2011년 3호(0.7m급 초고해상도 영상) 등 발사 예정

<표 1> KOMPSAT-2호 영상의 국내 보급처

항 목	국내보급처		
	영상 배포처(정부)	KARI	KAIIMAGE
자료 제공대상	· 정부부처, 부처산하 연구기관	· 지자체, 정부투자기 관 및 민간기관	· 일반인
가격	· 무상제공	· 기 촬영영상 : 50만원 · 신규촬영: 63만원	· 기 촬영영상 : 225만원 · 신규촬영: 270만원
제공영상 처리레벨	· 1R, 1G	· 1R, 1G	· 1R, 1G

- 현행 농업통계조사방법은 60년대의 조사방법(현장 실측조사)을 그대로 사
용함으로써 업무부담 가중 및 비표본오차 발생 가능
 - 조사방법 현대화로 효율성 및 정확성 제고 시급
- 원격탐사기술의 농업통계활용 중장기계획('08.6, 청장)"에 의거 농업통계업

무의 근간인 경지총조사 및 경지조사구 관리 업무부터 원격탐사기술을 도입하여 자동화

- 기술 적용을 위한 방법론 개발 및 업무 매뉴얼 개발이 시급

2. 연구의 목적

○ 본 연구의 목적은 다음과 같다.

- 기본목표: 국내 경지총조사 및 벼 재배면적조사에 원격탐사기술을 도입하기 위한 방법을 개발하고, 개발된 방법을 업무에 활용하기 위한 구체적인 업무매뉴얼을 작성함으로써, 농업통계의 생산체계 향상, 국내 농업통계생산의 과학화 및 정확도 향상 기여, 업무자동화를 통한 업무 효율성 증대 및 예산절감, 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산 실용화 기반 마련

- 부속연구목표 1: 3개 시범지역(시·군)에 대한 경지총조사, 벼 재배면적조사
- 부속연구목표 2: 발주기관이 자체로 시범사업을 추진할 수 있도록 상세 업무매뉴얼 작성 및 교육
- 부속연구목표 3: 원격탐사기술을 활용해 해당업무를 전국단위 업무로 확대하기 위한 향후추진방안 제시
- 부속연구목표 4: 농업통계분야 원격탐사기술이 실용화된 선진국의 응용사례 심층조사

3. 연구의 내용 및 방법

가. 연구의 내용

○ 연구목적 달성을 위한 주요 연구내용은 다음과 같다.

- 3개 시범지역(군)에 대한 경지총조사, 벼 재배면적 조사 수행

- 기존 인력이 수행하던 조사업무를 원격탐사로 수행한 결과와 비교
- 시범연구지역 선정 및 자료구축
 - 현장조사의 편이성, 영상획득의 용이성, 지역배분 등을 고려해 3개 시군 선정
 - 시범연구지역의 위성영상, 연속지적도, 기존 통계자료 구축
- 경지총조사 수행
 - 시범대상지역의 경지종류(논, 밭, 과수원, 시설 등)별 면적 산출
 - 새로운 경지총화 방안 연구(밭 작물의 판독 가능성 검토)
 - 2ha 단위구 설정 자동화 알고리즘 개발
 - 기존 경지조사결과와의 비교
- 벼 재배면적조사 수행
 - 시범대상지역의 벼 재배면적 산출
 - 기존 벼 재배면적통계와의 비교
- 원격탐사기술을 활용한 경지총조사, 벼 재배면적조사 업무자동화 프로세스 도출
 - 기존 현장조사업무를 최소화하여 원격탐사기술로 대체할 수 있는 방안 제시
 - 시범연구결과 가장 적합한 방법론 제시
- 실무 매뉴얼 작성 및 교육
 - 연구결과를 토대로 발주기관이 자체로 시범사업을 추진할 수 있도록 상세 업무매뉴얼 작성 및 교육
 - 업무매뉴얼 주요 내용
 - 위성영상융합, 기하보정, 영상 모자이크 등 전처리 방법
 - 위성영상을 활용한 경지총조사 및 벼 재배면적 산출 방법
 - 판독결과의 현장검증 방법
- 향후 추진방안 제시

- 원격탐사기술을 활용해 해당업무를 자동화하기 위한 향후 계획 수립
- 3개 시군 시범연구결과를 전국단위업무로 확대하기 위한 방안 마련 및 소요예산과 인력 산출
- 업무자동화 시스템 구축을 위한 투자비용 산출
- 투자비용대비 산출 효과 분석

○ 해외 선진사례 심층조사

- 농업통계분야 원격탐사기술이 실용화된 주요 선진국의 응용사례 조사
- 미국 농무부(USDA) 농업통계국(NASS) 경지조사과(AFS)의 경지총조사, 단위구 구축 및 관리 업무 조사
- 미국 농무부(USDA) 농업통계국(NASS) 공간분석과(SARS)의 원격탐사활용 재배면적, 작황분석
- 미국 농무부(USDA) 농업통계국(NASS) 캘리포니아 Field Office의 현장에서 RS기술 활용현황 파악
- 일본 동북대학교 사이토 겐야 교수 면담을 통한 일본의 경지총조사 방법 및 원격탐사 활용방향 조사

나. 연구의 방법

- 연구목적 달성과 주요 연구내용 수행을 위한 연구방법은 다음과 같다.
- 3개 시범지역(군)에 대한 경지총조사, 벼 재배면적 조사
 - KOMSAT-2 위성영상의 촬영현황 및 상태, 현장조사의 접근성, 지역적 경지이용현황 및 면적 등을 고려하여 시범대상지 선정
 - 시범대상지역으로 선정된 지역에 대한 영상처리와 결과비교를 위한 참조자료 수집 및 DB 구축
 - 해외 선진 사례분석 결과와 관련 문헌 연구를 통해 원격탐사기술의 농업통계분야 적용을 위한 통계산출 및 위성영상 분류방안 테스트 및 적용

- 영상분류방법별, 관련 작업가능 위성영상 전문 S/W 별 테스트 및 최적의 방법 결정
- 영상분류기법에 의한 경지면적과 벼재배면적 산출 및 기존 통계치와의 비교분석
- 현 업무에서 지적도와 토지대장의 면적을 이용해 현장조사와 수작업에 의해 제작되고 있는 2ha 단위의 단위구 모집단 생성 방법을 대체할 수 있는 자동화 알고리즘 개발
- 현 국내농업통계에서 사용되고 있는 경지층화기준의 검토 및 시범대상 지역 연구결과 등을 통해 향후 위성영상을 이용한 경지층조사 수행에 적합한 층화기준 모색 및 층화맵 제작

○ 실무 매뉴얼 작성 및 교육

- 연구결과를 토대로 발주기관 자체로 시범사업 추진이 가능하도록 위성영상의 선별법부터 영상분류에 의한 최종성과물을 제작하기까지의 단계별로 상세하게 기술한 업무매뉴얼 작성
- 상세업무 매뉴얼별 사전 교육계획서를 작성하고, 주관기관과의 협의 하에 현 업무에서 빠르게 적용할 수 있도록 효율적인 교육 실시

○ 향후 추진방안 제시

- 농업통계생산에 있어서 원격탐사기술 적용이 가능한 분야의 응용기술 도출 및 방법론 연구를 통해 원격탐사기술을 이용한 경지층조사와 벼재배면적조사에 있어서 자동화, 또는 반자동화가 가능한 부문 도출
- 3개 시군의 시범연구 결과에서 도출된 원격탐사기술 적용방법을 전문가들의 자문 등을 통해 검증하고, 검증된 방안을 통한 전국단위 업무로 확산 시에 필요한 소요인력 및 예산 산출
- 향후 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산과 보급에 적합한 시스템 구상 및 관련 기자재(하드웨어, 소프트웨어 등)의 투자비용 산출
- 원격탐사기술을 이용한 전국단위 농업통계생산 시에 필요한 투자비용

대비 산출 효과 분석

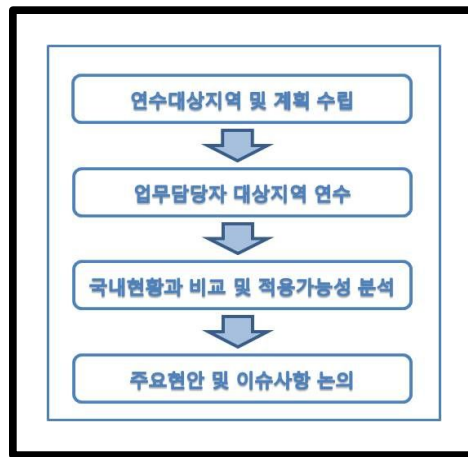
○ 해외 선진사례 심층조사

- 미국 농무부(USDA) 농업통계국(NASS) 경지조사과(AFS), 공간분석과(SARS), Field Office 등의 현지방문조사를 통한 실용현황 분석 및 기술 습득
- 일본의 경우 관련연구수행자의 직접 방문을 통한 면담 및 자료협조, 웹을 통해 수집한 선행연구결과, 참고서적 등의 자료를 수집·분석하여 농업통계업무에 대한 원격탐사기술 적용 현황 분석

제 2 장. 해외 선진사례 심층조사

1. 개요

- 원격탐사기술의 농업통계활용 중장기계획의 원활한 추진을 위하여, 국외의 농업통계분야에 있어서 원격탐사기술 활용 현황을 파악하고, 국내 적용 가능성 파악을 위해 세부프로세스별 기술습득을 목표로 미국과 일본을 방문하여 해당국의 기술활용경험을 기초로 국내 도입 시 시행착오 최소화, 문제점 및 해결방안 등 선결사항을 사전에 검토



<그림 1> 국외사례심층조사 진행흐름도

가. 출장기간

- 미국: 2008년 7월 6일 ~ 2008년 7월 13일
- 일본: 2008년 11월 10일 ~ 2008년 11월 11일

나. 방문기관

(1) 미국

- 농무부(USDA) 농업통계국(NASS) 경지조사과(AFS), 공간분석과(SARS)
- 농무부(USDA) 농업통계국(NASS) 캘리포니아 Field Office

(2) 일본

- 동북대학교 사이토 겐야 교수

2. 미국사례 심층조사

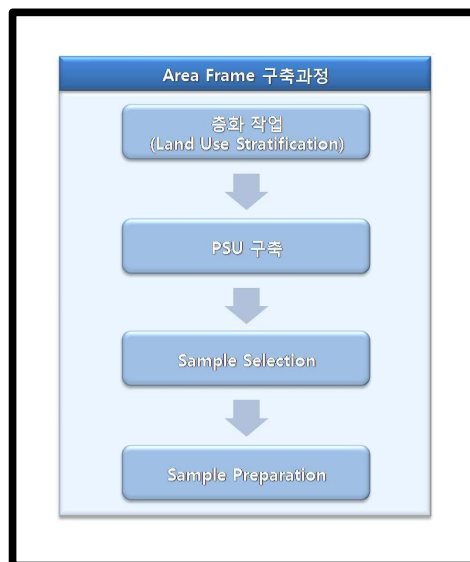
가. 경지조사 및 단위구 구축

(1) 업무개요

- NASS는 1954년부터 전 국토에 대한 모집단 단위구 구축
- 모집단 단위구에서 전국 11,000개 표본 단위구를 추출하며, 해당 표본으로 재배면적조사, 수확량조사, 농가경제조사 등을 수행
- 1978년부터 원격탐사를 단위구 구축업무에 도입하여 위성영상, 항공영상, 지리정보시스템(GIS)을 활용하여 모든 업무 수행

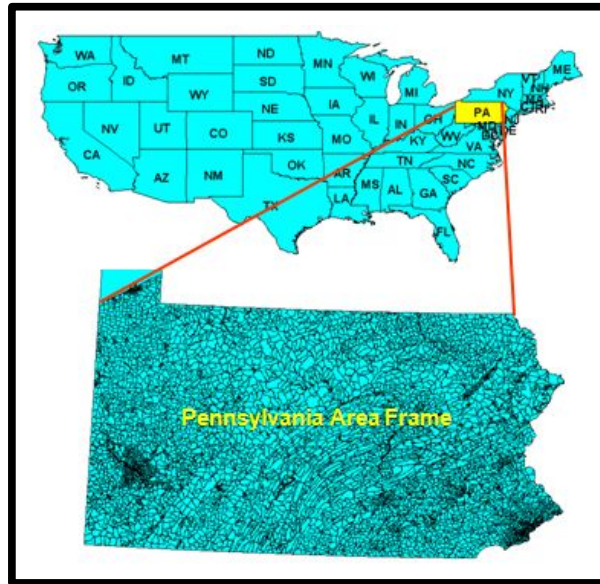
(2) 업무과정

- Area Frame은 샘플링화 될 수 있는 모집단 및 제 구성요소들을 규정하는 것이며, 필지(Parcel)들을 샘플추출하기 위해 작성된 모든 필지들의 목록(지도상의 표식)이라고 할 수 있음



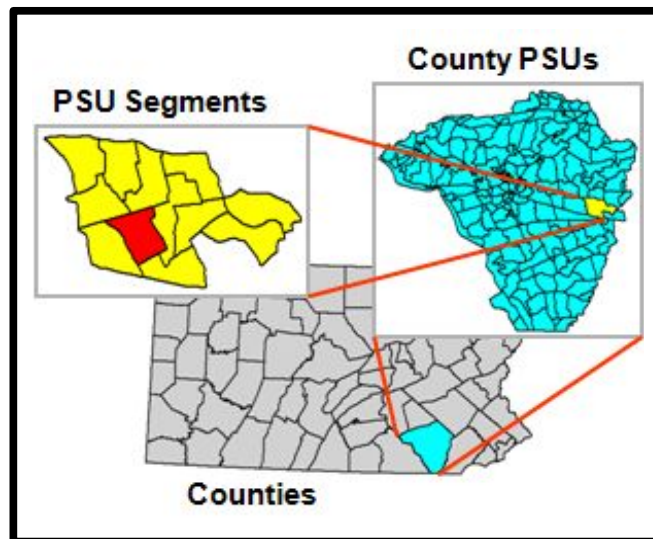
<그림 2> 미국의 Area Frame 구축과정

- 본 연구보고서에 소개되는 예제로는 펜실베니아 주는 Area Frame을 구성하는 총 5,943개의 필지를 가지고 있음.(“AFS_video.ppt”, USDA/NASS /RDD/ AFS)



<그림 3> 펜실베니아주 Area Frame

- 이런 필지들은 6~8제곱마일(약 1,500ha)정도 크기의 PSU(Primary Sampling Units)로 명명하며, PSU들은 다시 1제곱마일(약 256ha)의 단위구(Segment)로 나뉘어짐.



<그림 4> 펜실베니아주 PSU, Segment

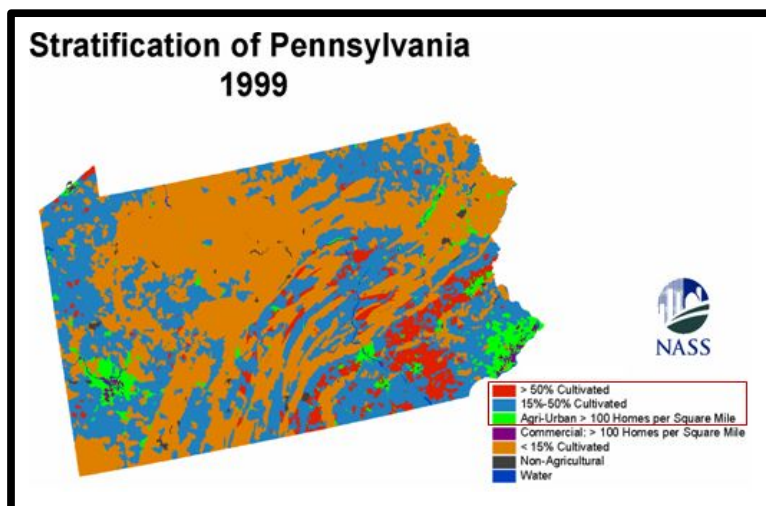
○ 층화작업 과정

- 층화(Stratification)는 토지를 토지이용 범주에 따라 포괄적으로 분류하는 작업임
- 가장 중요한 층화기준은 경작지(Cultivation), 비경작지(Non-agricultural land)의 구분임
- 일반적인 층화기준은 다음의 5가지이며, 특정주에서는 경작비율에 따라 경작지를 몇몇의 층으로 다시 층화함

<표 2> 미국의 일반적인 층화기준

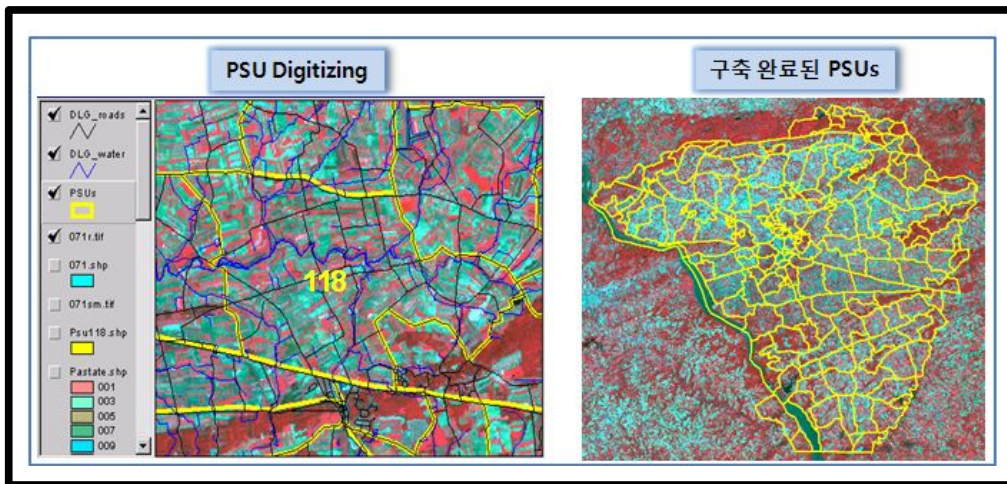
층		층화기준
1	경작지(cultivated)	
2	농업도심(agri-urban)	제공마일당 100가구 이상, 그리고 15% 이하의 경작지
3	도심(intensive urban)	도심, 0%의 경작지
4	비농업지대(non-agricultural)	국립·주립공원, 군부대 등
5	물(water)	

- 펜실베니아주의 경우, 경작지를 집중경작지, 중간경작지, 저비율 경작지 등의 3층으로 재층화하여 총 7개의 층화기준을 사용함.



<그림 5> 펜실베니아주의 층화기준과 층화맵

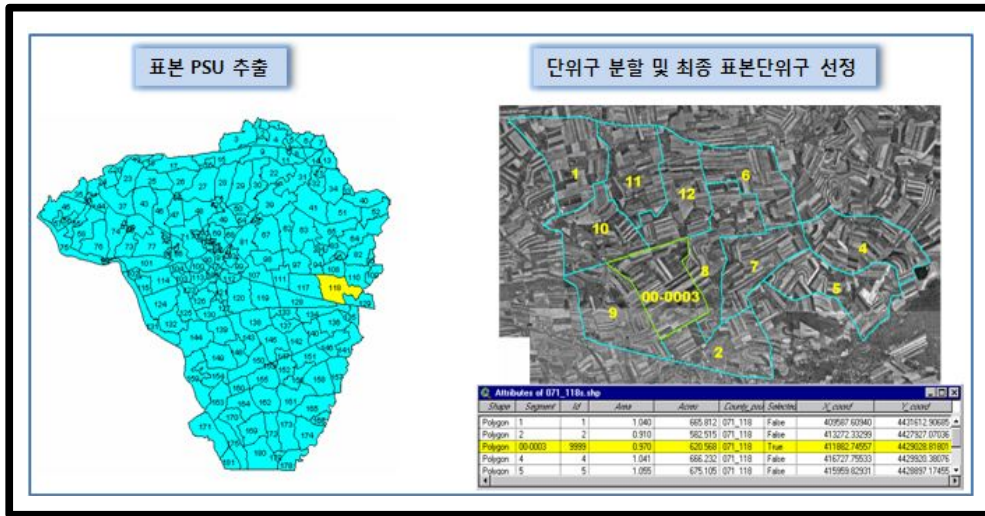
- 층화작업은 원격탐사기법 중, 육안판독을 이용하게 되며 위성영상, 항공사진, 지형도 등을 함께 활용
- 모집단 단위구를 새로 구축할 주(State) 선정
 - 매년 2~3개 주의 단위구를 새로 구축(한번 구축되면 15~20년 활용)
 - 위성영상 판독을 통해 토지변화가 심한 주를 구축대상으로 선정
- PSU(Primary Sampling Unit) 구축
 - 위성영상, 디지털 벡터데이터, 디지털 래스터지도, 층화결과 등을 이용하여 기본 표본추출 틀이 되는 PSU를 구축
 - PSU 구축 후에 경작비율에 바탕을 둔 토지이용 층별 값을 할당하며, 모든 지역은 이런방법으로 층화
 - PSU 구축방법은 영구적인 지형(도로, 하천, 수로, 관수시설 등)을 기준으로 참조자료를 보면서 디지털타이징
 - 주 별로 차이가 있지만, 일반적으로 6~8제곱마일 크기로 구획



<그림 6> PSU 구축방법 및 결과

- 샘플선택(Sample Selection)
 - 층별로 표본 단위구 추출
 - 표본으로 선정된 단위구는 1제곱마일 크기로 단위구 분할

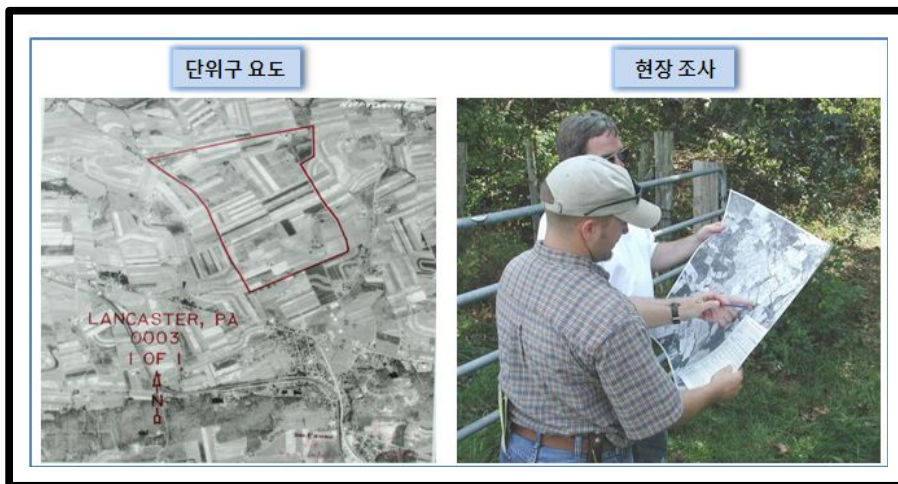
- 분할된 단위구 중에서 랜덤추출을 통해 최종 표본 단위구 선정



<그림 7> 표본 PSU 추출 및 최종 표본 단위구 선정

○ 샘플준비(Sample Preparation)

- 최종으로 선정된 표본 단위구에 해당하는 가장 최근에 촬영된 공간해상도 1m급의 항공사진을 주문하여, 단위구 요도 제작을 단위구 경계 표시, 주, 카운티명과 단위구 번호, 축척, 방위표시 등을 기입
- 완성된 단위구 요도 출력 후, Field Office로 발송
- Field Office는 매년 2월에 단위구 요도를 수취하여 June Agriculture survey를 위한 사전조사를 5월부터 수행(현장 수정사항 피드백)



<그림 8> 단위구 요도 및 Field Office의 현장조사

(3) 주요 시사점

- '원격탐사기술 + GIS'를 통해 경지총조사 및 단위구 구축업무를 현장조사 없이 NASS 본부에서 모두 수행
 - GIS Tool을 이용한 단위구 구획, 영상판독을 통한 층화, 층별 표본 단위구 추출, 항공사진을 이용한 단위구 요도 작성 등
 - 해당 업무수행을 위해 30명의 전문인력(영상판독, 표본이론, GIS활용, IT개발 등) 운용
- 모집단 단위구 구축을 전국대상으로 일시에 수행하는 것이 아니라 주별로 로테이션
 - 점진적인 표본교체로 통계 시계열 유지
 - 자연재해 등으로 경지변화가 극심한 지역을 우선적으로 정비
 - 일시에 수행하는 경지총조사를 상시업무로 전환하여 업무부하 감소
- 원격탐사기술과 각종 정보를 활용하여 작물재배면적을 청취조사로 수행
 - NASS 본부: 필지 및 작물군 구별이 가능한 항공사진 단위구 요도, 각 필지별 영상판독결과, FAS(Farm Service Agency)의 농가등록정보(필지별 소유주, 작물별 재배면적)등 제공
 - Field Office: 해당 단위구의 필지별 소유주, 작물별 재배면적을 사전에 상당부분 파악한 상태에서 단위구 내의 농가를 방문하여 항공사진요도를 보면서 청취조사하며, 농가 인터뷰가 불가능한 경우에만 조사원이 현장조사(농가경제조사, 가축조사, 생산량 조사 등에 요도 활용)
- 영상판독 방법으로 전문가 육안판독을 활용
 - 단위구 층화를 위한 영상분석을 해당업무 10년 이상 경력의 전문인력들이 육안판독으로 수행
 - 각 작물별 육안판독 방법을 업무매뉴얼로 정리
 - 위성영상활용 초창기에 영상판독 시스템 및 S/W가 부족하여 육안판독 위주의 업무방식이 정착

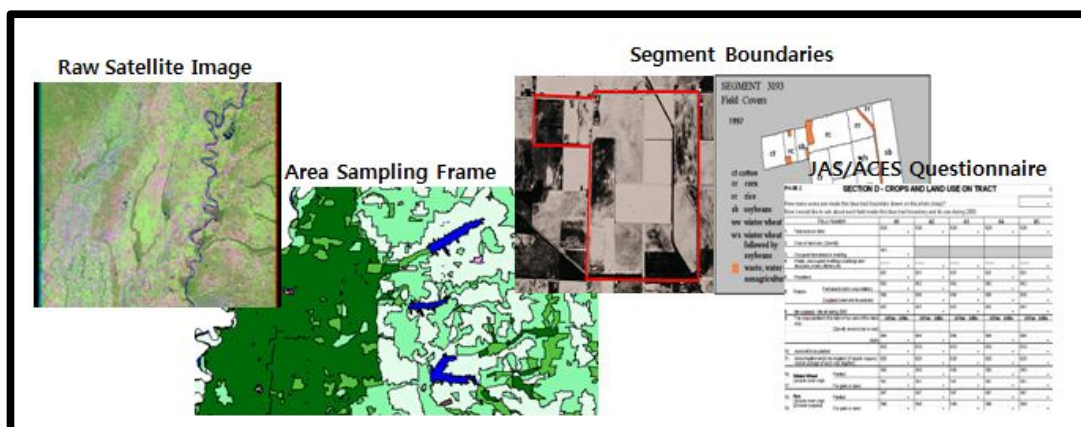
나. 재배면적 및 작황 추정

(1) 업무개요

- 1972년부터 Landsat-1 위성을 활용한 재배면적 추정 프로젝트를 8년간 추진하여 1980년 아이오와주 재배면적조사에 실용화
- 현재 주별로 관독가능한 모든 작물의 재배면적을 원격탐사로 추정하고, 해당 결과를 GIS 데이터베이스화하여 서비스
 - Crop Data Layer(CDL): 작물별 재배면적 디지털 지도
- NOAA 위성의 AVHRR 센서를 이용한 NDVI 식생지수로 전반적 작황수준 추정
 - 작물재배면적 및 생산량 통계확정을 위한 판단자료로 활용

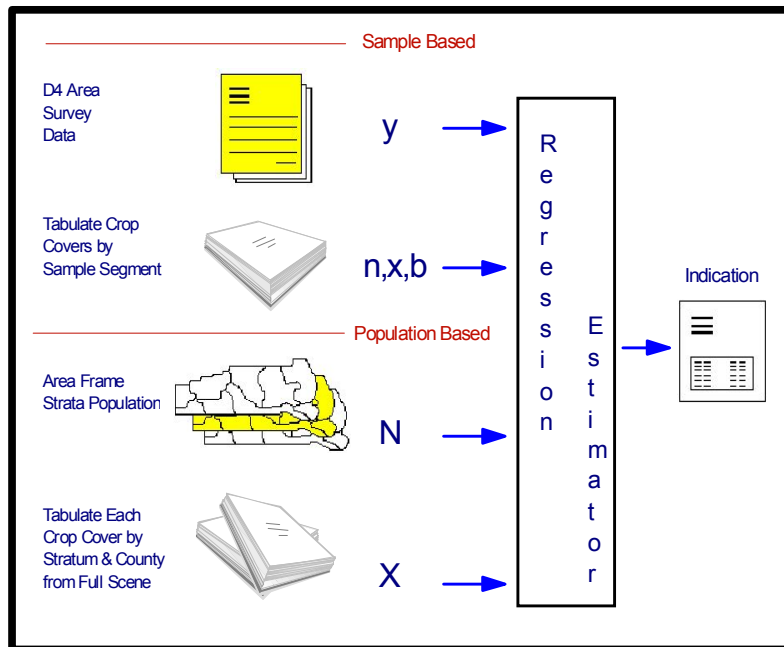
(2) 업무과정

- 재배면적 추정을 위한 각종 자료 수집
 - 현장실사 데이터: NASS JAS(June Area Survey) 데이터, FSA(Farm Service Agency) 농가등록데이터, USGS(US Geological Survey) 데이터
 - 위성영상 및 GIS 데이터: AWiFS, MODIS 위성영상, USGS 지형도, DEM(Digital Elevation Model) 데이터



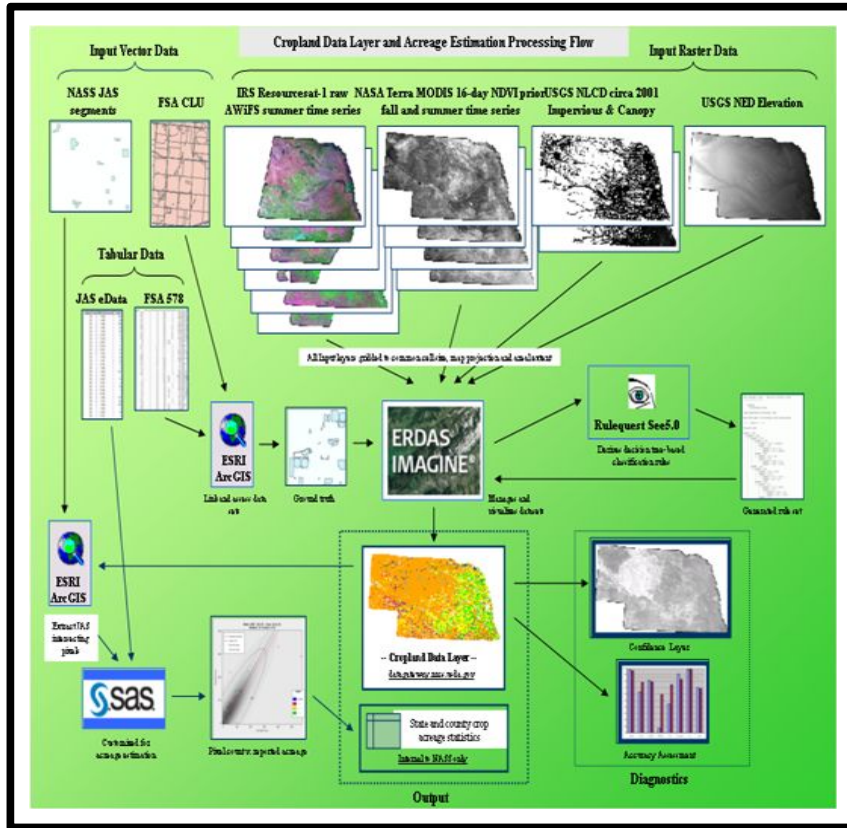
<그림 9> CDL Program의 주요 Input Data

- 위성영상 관독
 - 현장실사 데이터를 참조값으로 활용하여 위성영상 작물구분 및 재배면적 분석
 - 분류정확도 및 판별 정확도 검증
- 작물재배면적 추정
 - 위성영상 관독결과와 현장실사 데이터 간의 회귀계수 도출
 - 위성영상 재배면적 분석결과를 회귀계수로 재조정하여 최종 재배면적 추정

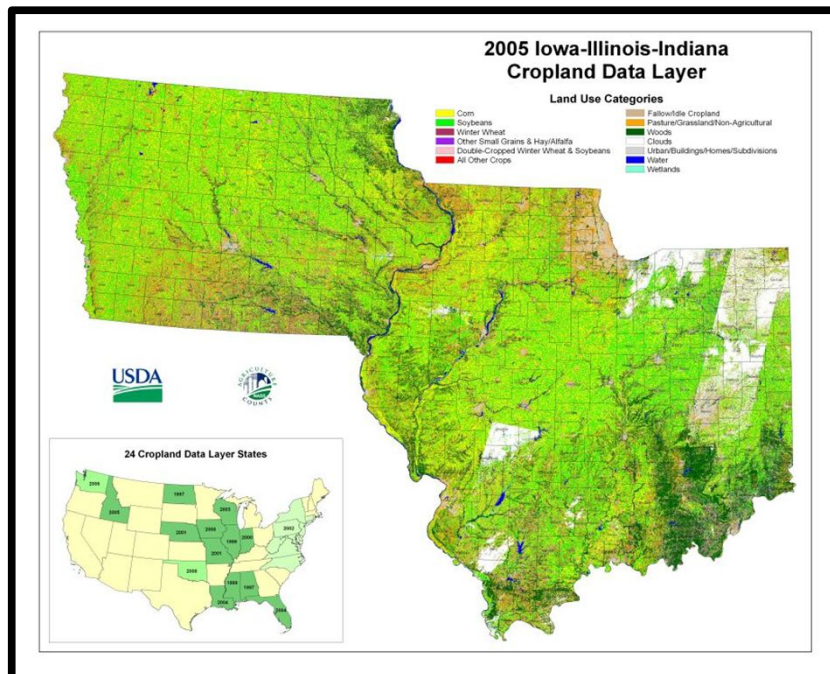


<그림 10> Regression Template

- 추정결과 보고
 - ASB(Agricultural Statistics Board)에 재배면적 추정결과 보고
- 재배면적 디지털지도(CDL) 제작 및 배포
 - 재배면적 공식통계 공표 후, 영상관독결과를 GIS 지도로 작성하여 통계수요자들에게 배포
 - 작물수급정책, Agribusiness, 학술연구 등에 활용



<그림 11> 미국의 원격탐사를 활용한 재배면적추정 과정



<그림 12> 2005 아이오와-일리노이-인디애나주 CDL

(3) 주요 시사점

- 현장조사와 원격탐사기술을 상호 보완적으로 활용
 - 현장조사(표본)와 영상판독(전수)을 모두 수행
 - ASB에서 양자를 비교·검토하여 최종 통계 확정: 미국의 작물재배현황이 세계 식량수급에 여파가 크므로 모든 가능한 정보를 종합하여 최대한 정확한 통계 생산
- 원격탐사기술 적용이 용이한 작물의 경우 현장조사 대체가능성 높음
 - 최종 공식통계와 비교결과 영상판독이 용이한 작물(쌀, 옥수수, 대두 등)의 경우, 원격탐사결과가 더 정확도가 높은 것으로 분석됨: 최근 10년 간의 공식통계와의 차이, 분산 크기를 상호 비교
- 회귀분석을 활용한 재배면적 추정기법 활용
 - 영상판독결과를 그대로 재배면적으로 환산하는 것이 아니라, 현장실사 데이터와의 회귀계수를 통해 재조정함으로써 정확도 향상
- 최근 영상판독시스템 및 방법론을 전반적으로 업그레이드
 - 기존에는 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation)을 활용하여 PEDITOR, XLNT와 같은 자동화 시스템 구축
 - 현재는 데이터마이닝 기법인 의사결정나무(Decision Tree) 기법을 활용하여 See 5.0이라는 솔루션 채용
 - 업그레이드 결과 1개주 영상판독 시간을 4일에서 8시간으로 단축
- 작물성장기를 중심으로 전국의 작황현황을 1주 단위로 분석
 - 한번에 미국전역을 촬영할 수 있는 NOAA 위성 활용
 - 영상판독을 통해 식생지수를 분석
 - 당해 년간 비교, 시계열 비교를 통해 가뭄, 홍수 등의 자연재해를 지속적으로 모니터링
 - 향후 작물재배면적 및 생산량 통계 등 공식통계 확정을 위한 판단자료로 활용

3. 일본사례 심층조사

가. 농업통계 작성 체계

○ 농림업 센서스(Census)의 목적 및 연혁

- 통계는 농림업에 관한 기초 데이터를 작성해, 식료·농업·농촌 기본계획 및 산림·임업 기본계획에 근거하는 시책 및 농림업에 관한 통계조사에 필요한 기초자료를 정비하는 것과 동시에, 지역의 농림업 실태를 명확히 하는 것을 목적으로 하고 있다.
- 1950년의 세계농림업 센서스 이후, 10년마다 국제조약에 근거해 실시하는 것과 동시에, 그 중간년에는 일본 독자적인 농림업 센서스를 실시해 오고 있다.

○ 조사 대상

- 모든 농림업 경영체를 대상으로 함.
- 농림업 경영체란 농산물의 생산을 담당하고 또는 위탁을 받아 농림작업을 실시해, 생산 또는 작업과 관련되는 면적·인원수가, 다음 표의 규정의 어느 쪽인가에 해당하는 사업을 실시하는 사람을 말함.
- 농업 경영체: 상기 표 농림업 경영체의 규정 가운데, (1)~(5)의 어느 쪽인가에 해당하는 사업을 실시하는 사람을 말한다. 또한, 2000년 세계농림업 센서스에서는, 판매 농가, 농가 이외의 농업 사업체 및 농업 서비스 사업체를 갖춘 사람이 된다.

<표 3> 일본의 농림업 경영체 규정

(1)	경영 경지면적이 30a(1a=10m×10m) 이상 규모의 농업
(2)	농작물의 작부면적 또는 재배면적, 가축의 사육두수 또는 출하수, 그 외의 사업의 규모가 다음 농림업 경영체의 외형기준 이상 규모의 농업
	① 노지 야채 작부 면적 15a ② 시설 야채 재배 면적 350 평방미터 ③ 과수 재배 면적 10a ④ 노지 화초 재배 면적 10a ⑤ 시설 화초 재배 면적 250 평방미터 ⑥ 착유우(搾乳牛) 사육두수 1마리 ⑦ 비육우(搾乳牛) 사육두수 1마리 ⑧ 돼지 사육 두수 15마리 ⑨ 채란계(採卵鷄) 사육두수 150마리 ⑩ 브로일러 연간 출하우수 1,000마리 ⑪ 그 외 조사기일 전 1년간에 있어서 농업생산물의 총 판매 액수 50만 엔에 상당하는 사업의 규모
(3)	권원에 근거해 육림 또는 벌채(입목 대나무만을 양도하는 벌채를 제외)를 실시할 수 있는 산림(이하 「보유 산림」 이라 함)의 면적이 3ha 이상 규모의 임업(육림 또는 벌채를 적절히 실시하는 것에 한정)
(4)	농작업 수탁 사업
(5)	위탁을 받아 실시하는 육림 혹은 소재생산 또는 입목을 구입해 실시하는 소재 생산 사업

○ 조사 방법

- 농림 수산성- 도도부현-시구읍면-지도원-조사원의 실시 계통으로 실시하는 조사원 조사체계이며, 농림업 경영체에 의한 자진신고조사로 하고 있음.

○ 조사 사항

- 농업 경영체: 세대, 토지, 농업 노동력, 농산물의 생산 및 판매, 농사일의 위탁 및 수탁
- 임업 경영체: 세대, 산림, 임업 노동력, 임산물의 판매, 임업 작업의 위

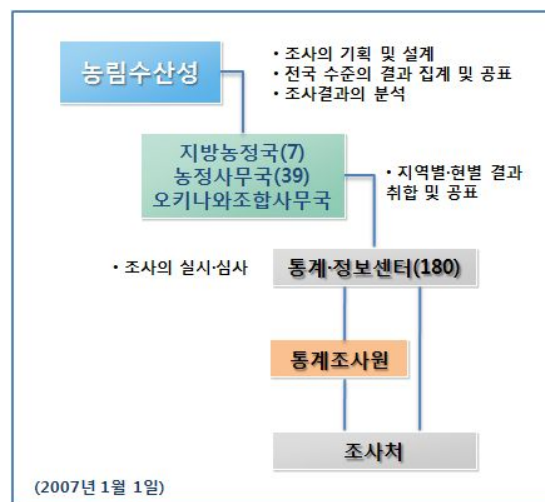
탁 및 수탁

○ 수치

- 현(縣)의 수치는 확정치이지만, 전국의 수치지는 개수치(概數値)이며, 후일 농림수산성이 간행하는 보고서의 수치가 확정치가 됨
- 통계표의 면적의 수치에 대해서는, 각 단위마다 사사오입이 있어서 합계와 내역의 합계가 일치하지 않는 것이 있음
- 통계표중에 인용한 기호의 의미는 다음과 같다.
 - 「0」 : 단위에 못 미친 것(예: 0.4ha → 0ha)
 - 「-」 : 조사는 갔지만, 사실에 없는 것, 또는 단위에 못 미친 것
 - 「…」 : 사실 미상 또는 조사가 부족한 것
 - 「△」 : 감소한 것
 - 「X」 : 개인, 법인 또는 그 외의 단체 등, 개개의 비밀에 속하는 사항을 은닉하기 위해, 통계수치를 공표하지 않은 것.

나. 농업통계 조사 체계

- 전국 180개소에 이르는 통계·정보센터를 비롯해 도도부현(都道府縣), 농정국 단위로의 실시체제를 정비해 통계조사를 실시하고 있다.



<그림 13> 일본의 농업통계조사 체계

다. 경지면적조사

(1) 조사의 개요

- 조사의 목적: 농업의 생산 기반인 경지의 실태를 파악해, 생산 대책, 구조 대책 외, 토지 자원의 유효 이용 등 각종 토지 이용 행정의 기획 입안의 자료 및 행정 효과를 판정하기 위한 자료를 작성하는 것을 목적으로 하고 있음(“kouti2008.pdf”, 일본 농림수산성)
- 조사의 대상: 전국의 논경지 및 밭경지를 대상으로 함
- 조사대상 수(2008년)
 - 표본수: 논 31,198, 밭 24,283
 - 순회·견적: 1,789 시읍면
- 조사사항
 - 경지의 종류별 면적
 - 경지의 종류별 확장 및 폐면적
- 조사방법
 - 경지면적: 전국의 경지와 그 주변에 있는 개간 가능한 토지를 약 2 ha (홋카이도에서는 약 10 ha)가 되도록 단락지어 편성한 약 194만의 단위구로부터 추출된 「표본 단위구」에 대해, 센터 직원 또는 조사원이 대지 표본 실측 조사를 실시해, 이 결과에 근거하고 추정을 실시한다. 대지 표본 실측 조사의 효율이 나쁜 원격지, 낙도, 시가지등에 대해서는, 센터 직원에 의한 순회·견적, 관계기관으로부터의 정보 수집, 공중사진 등의 이용에 의해서 보완하고 있다.
 - 경지의 종류별 확장 및 폐면적: 센터 직원에 의한 순회·견적, 관계기관의 자료, 공중사진 등의 이용에 의해서 실시하고 있다.
- 조사결과의 정도(표준오차율)
 - 본 조사에 있어서의 전국의 전답 경지 면적을 지표로 한 실적 정도(표준오차율)는, 다음과 같다.

- 논 : 0.13, 밭 : 0.29
- 표준오차율(%)=표준오차÷추정치×100

라. 농업분야에서의 다이치(ALOS) 위성의 이용

(1) 「다이치(ALOS)위성」의 개요 및 운용 현황

- 육역관측 기술위성 「다이치(ALOS)」은 2006년 1월 24일에, 타네가시마 우주센터로부터 기간 로켓인 H-IIA 로켓에 의해서 발사 되었다. 그 후, 약 3개월에 걸쳐, 위성기능의 초기 확인을 실시해, 2006년 5월부터 정상 단계로 이행함. 화상 정도, 처리 알고리즘의 평가 등을 실시해, 2006년 10월 보다 본격적인 관측운용을 실시하고 있음.(“다이치(ALOS) 데이터 이용을 위해“ 예고집, 2008년도 위성원격탐사 추진위원회)
- 「다이치(ALOS)」은, 고해상도 육역관측 데이터를 전 지구 규모로 취득하는 것으로써, 지도 작성, 지역 관측, 재해 상황파악, 자원탐사 등에의 공헌을 도모하는 것을 미션으로 하고 있으며, 발사 후, 약 2년 반이 지난 현시점에, 그 미션은 거의 달성되고 있다.

<표 4> 「다이치(ALOS)」 위성의 주요제원

질 량	약 4t
발생전력	약 7kW
설계수명	3년 이상, 5년 목표
궤 도	태양동기 준회귀 궤도
고 도	691.65Km
궤도경사각	98.16°
주 기	98.7분
회귀날짜	46일 (서브사이클 2일)
강교점통과 지방태양시	오전 10시 30분±15분

- 「다이치(ALOS)」 위성은 3개의 관측센서(PRISM, AVNIR-2, PALSAR)를 이용해서, 전 육역을 거의 커버하는 영역의 데이터를 취득했다. 지금까지의 관측영상(Scene)수는 200만장을 넘고 있으며, 1일당으로 환산하면, 평균 약 3,000 장의 영상을 촬영하고 있다. 이런 방대한 데이터의 취득이 가능하게 된 것은, 데이터 중계 위성 「코다마」를 이용해 데이터 전송을 실시하고 있기 때문이다. 「코다마」를 통해, 240Mbps의 전송회선을 1일당 약 8시간 확보하고 있다.

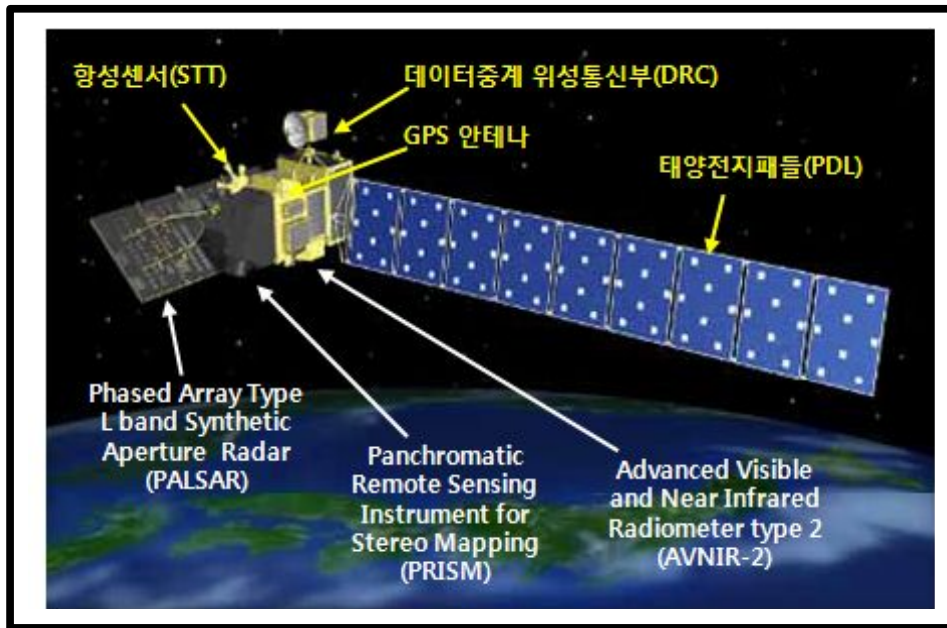
<표 5> 「다이치(ALOS)」 위성의 관측운용상황

	전체 취득 영상매수 누계 (2006.5.16 ~ 2008.6.28)	맑은 하늘 영상매수&달성율 (2006.5.16 ~ 2008.6.28)			
		운량 0% ~ 2%		운량 20% 이하	
		일본	동남아	일본	동남아
PRISM	101만	812 (74%)	8,017 (46%)	1,029 (93%)	12,826 (74%)
AVNIR-2	49만	287 (76%)	2,232 (49%)	361 (96%)	3,960 (87%)
PALSAR	83만	PALSAR 육역커버 상황 (썬수&달성율)			
		일본 육역		동남아 육역	
		375 (100%)		4,545 (99%)	

- 「다이치(ALOS)」 위성의 3개 관측센서(PRISM, AVNIR-2, PALSAR)의 특징은 다음과 같다.
 - 팬크로매틱 입체시 센서(PRISM): 공간해상도 2.5m, 관측폭은 35~70Km, 전방시, 직하시, 후방시 3방향의 영상을 동시에 취득할 수 있으며, 입체시에 의해 지표대상물의 높이정보를 추출할 수 있음.
 - 고성능 가시근적외 방사계 2형(AVNIR-2): 공간해상도 10m, 관측폭은 70km, 적, 녹, 청의 가시광 3밴드와 근적외역의 합계 4밴드의 파장역으로 동시 관측이 가능하며, 진행방향 좌우로 포인팅하는 것으로써 3일

이내의 관측이 가능함.

- Phased Array Type L밴드 합성개구레이더(PALSAR): 공간해상도 10m, 관측폭 70Km(광역의 스캔 SAR 모드에서는, 공간해상도 100m, 관측폭 350Km), 세계 유일의 위성탑재형 L밴드 합성개구레이더이며, 야간과 악천후에서의 관측이 가능하며, 송수신 편파의 편성을 다양화한 폴라리메트릭 모드로의 관측이 가능함.



<그림 14> 「다이치(ALOS)」 위성의 전체 구성도

(2) 「다이치(ALOS)위성」의 주요 성과 - 경지파악

- 농림수산성과 우주항공연구기구(JAXA, Japan Aerospace Exploration Agency)는, 경지파악을 위한 면적조사의 모집단 정비를 위해 관독 참조도로서의 ALOS 영상의 적용 확인을 실시했다. 농림수산성은 2007년도부터, 영상을 구입해(2007년 360장/2008년 400장 예정), 1도(都), 1도(道), 2부(府), 41현(縣)의 지방농정국 및 농정사무소 등에서 실제 이용을 개시함.

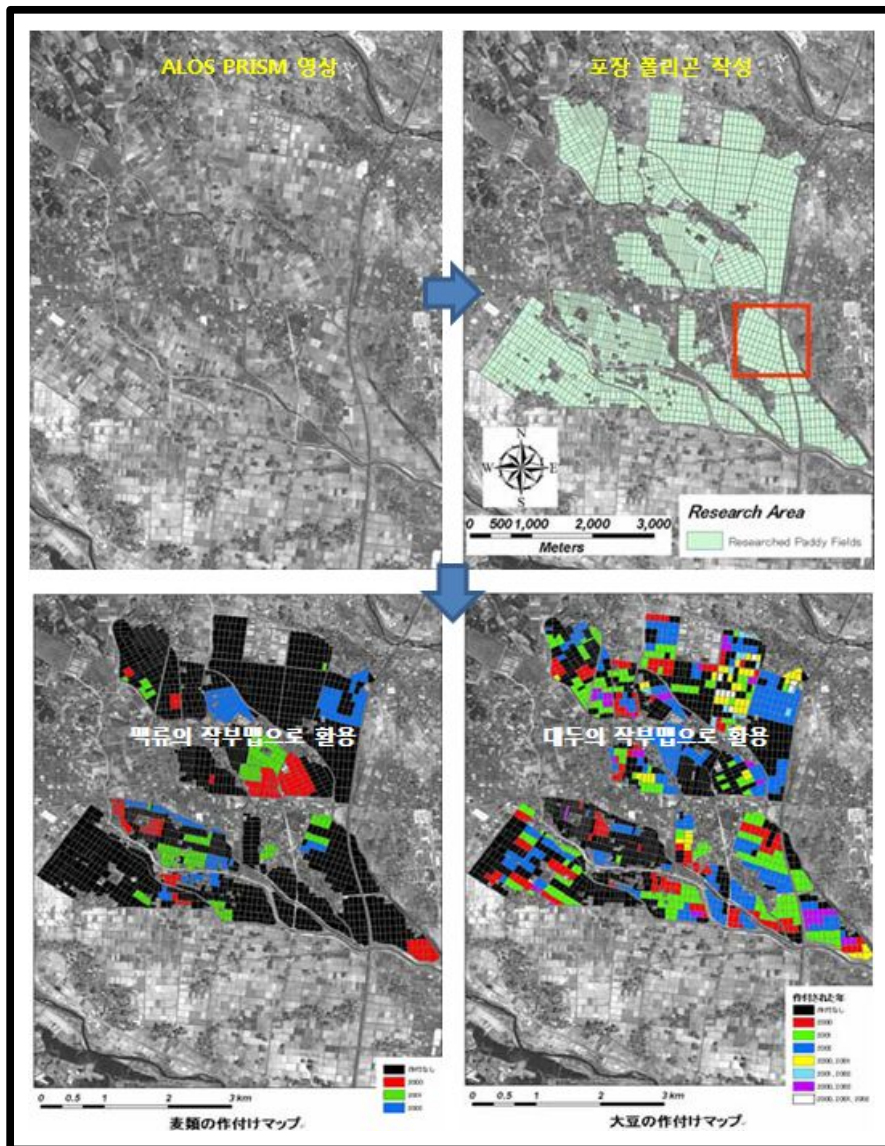


<그림 15> 경지파악을 위한 참조도로서 ALOS 영상의 이용

- 2008년에는 수도작부 상황 파악을 위해서 영상을 이용하고 있으며, 피해 경지의 수량 파악 조사에 위성영상을 활용, 손해평가방법 확립의 검토도 시행하고 있다.
- ALOS 위성에는 PRISM, AVNIR-2, PALSAR 3개의 센서가 탑재되어 있어, 지구 및 지역 규모로의 농업감시의 중요한 임무를 수행할 수 있으므로, 일본의 식량 문제 대응에 유효하게 이용될 수 있다.
 - PALSAR 센서는 전천후형 센서로서 몬순 지대에서의 농업 감시에 중요하고, 특히, 재해 조사에 이용하고 있다.
 - AVNIR-2 센서는 상세한 영역에서의 생육상황 감시용으로 이용함.
 - PRISM 센서는 농지구획의 파악이 가능하며, 입체시에 의해 제작되는 수치표고데이터를 이용하여 지형과 농지현황을 해석하는 것이 가능.
- PRISM 영상에 의한 농지정비의 파악
 - 1970년부터 일본정부의 쌀 생산 조정정책에 의해 농지정비의 목적이 논외의 다용도화라는 측면이 강해지고 있음. 이런 농지정비의 상황과 효과를 ALOS 위성에 탑재된 PRISM 센서에 의해 파악하는 것을 검토한 예로서, 논외의 각 포장마다 폴리곤을 만드는 것이 가능하면, GIS 상에서의 관리가 가능함에 따라, PRISM 데이터에 의한 농지 폴리곤 작성

을 화면 디지털라이징 방법으로 실시하되, PRISM 데이터에서는 본지와 휴반이나 농도 등과의 경계가 불명확하므로 폴리곤을 벡터라이징할 때, 휴반의 중앙을 경계로 하여 인접하도록 작성함으로써, 휴반은 포장 다각형의 일부로서 포함하여 제작.

- 이렇게 작성한 농지폴리곤과 다종의 위성 데이터를 반복적으로 중첩하여, 2000년~2002년 3년간의 맥류와 대두의 작부 맵을 작성함으로써, 포장 정비된 논의 다용도 이용에 대한 것을 보여주고 있다.<그림 16>



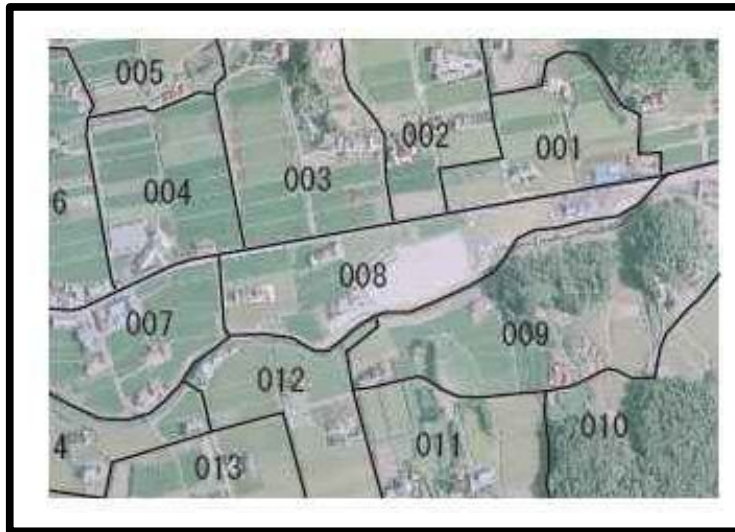
<그림 16> ALOS PRISM 데이터를 이용한 농경지도 제작 및 활용

마. 일본 농업분야 원격탐사활용 연구사례

- 이하의 본문에서 소개되는 연구사례는 2008년 2월 14일 규슈에서 열린 Remote Sensing 지역포럼에서 Asia Air Survey라는 일본 항공업체가 발표한 자료를 웹을 통해 입수한 자료와 2008년 11월 일본 동북대학교 사이토 겐야 교수를 방문하여 협조 받은 농업 Remote Sensing HandBook의 내용 중의 일부를 발췌하여 번역하였음.

(1) 면적통계조사에 있어서 고해상도 위성영상의 이용(RS 지역포럼)

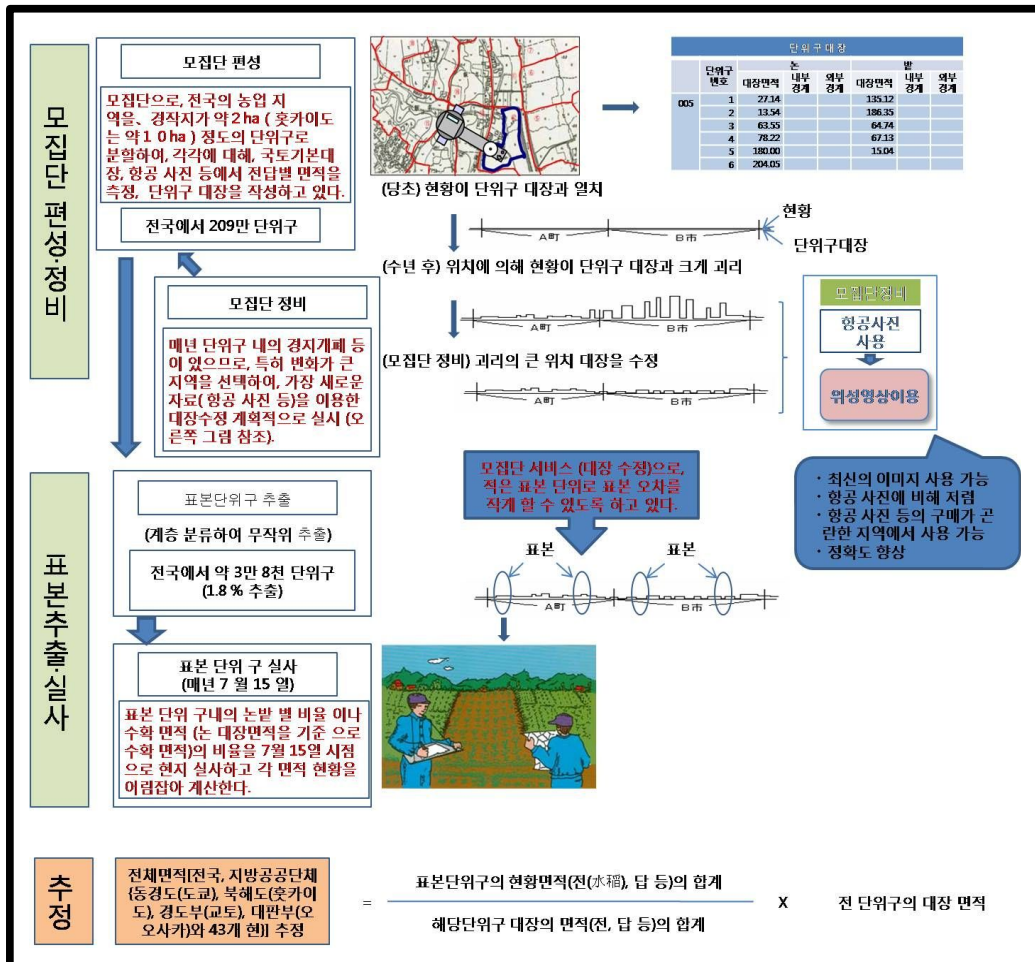
- 작부통계의 면적조사를 할 때, 모집단 정보의 효율적인 정비를 목적으로 고해상도 영상(정사보정된 항공사진, 위성영상)의 활용 검토
- 모집단 정비는 매년 경지이용에 따른 변화가 큰 지역은 새로운 자료(항공사진 등)을 이용하여 논밭의 면적대장을 수정



<그림 17> 일본의 모집단 정비시 항공사진 활용 사례

- 종전에는 아날로그 항공사진과 기존종이 도면을 이용하여 면적계로 면적을 측정하는 방식을 사용하였으나, 향후에는 GIS 및 정사보정된 항공사진, 또는 위성영상을 활용하여 PC 상에서 직접 면적을 계산하여 대장을 작성하려는 시도를 하고 있으며, 이런 작업을 위해서는 일본 자체 고해상

도(2.5m) 위성영상인 ALOS 영상이 저렴하게 보급되어져야 하며, 정사보정이 된 영상을 제품으로 구입이 가능해야 한다고 함. ALOS 위성영상의 경우 상용화된 기타 고해상도 위성영상(IKONOS, QuickBird 등) 보다 해상도가 낮기 때문에 식별에 한계가 존재한다고 함.



<그림 18> 일본의 면적조사 흐름과 위성영상 이용

(2) SAR 데이터를 이용한 수확 면적의 구적(농업 RS 핸드북)

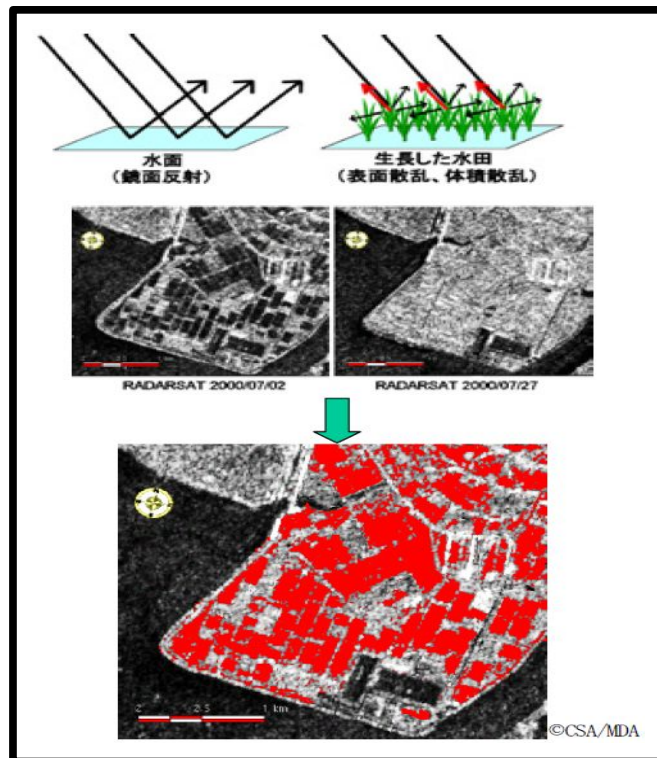
- 일본에서는, 통계조사를 통해 논을 포함한 경지 면적 및 수확량 통계에 필요한 수확 면적을 파악하고 있다. 이 조사에 들어가는 노력의 경감과 효율적인 조사 체계 개선을 위해 원격 탐사 기술을 활용하기 위한 연구

가 진행되고 있다. 그 중 구름의 영향에 의한 데이터 취득에 어려움이 없는 SAR 데이터와 GIS를 이용하여 벼 수확 면적을 안정되게 측정할 수 있는 방법을 개발하고 있다.

○ 해석수법

- 두 시기 SAR 영상에 의한 벼 수확면적 추출

- 원격탐사에 의한 논 검출에는 논 특징인 담수상태의 영상을 분석하는 것이 효과적이다. 두 시기의 SAR 데이터인 모심기 시기의 담수상태인 논과 성장기의 담수상태가 아닌 영상을 통해 벼 수확면적을 구한다.<그림 19>

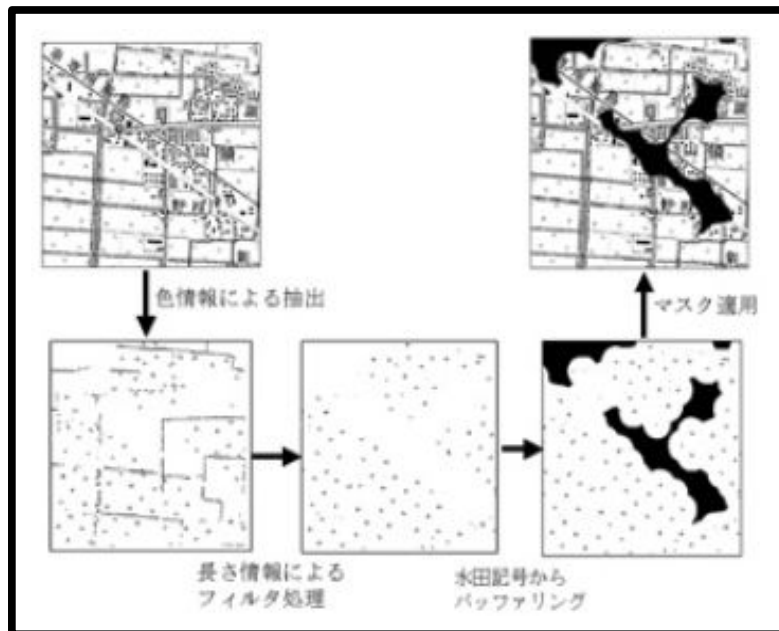


<그림 19> 두 시기 SAR 영상에 의한 벼 경작지의 검출

- 임계값 결정 방법

- P-tile 법은 구하려고 하는 영상과 알려진 면적에 대한 대략의 면적 비율 p, 영상의 2개 값에 대한 대상 화소 비율이 p에 오도록 임계값을 결정하는 방법이다.

- 이번 연구는 벼 면적을 측정하는 것이 목적이기 때문에 영상 전체에 대한 p값은 없는 셈이다. 거기서, 지도 등에서 분명하게 담수지 와 비담수지라고 알 수 있는 영상으로 빠짐없이 같은 화소수를 샘플링 하여 p의 비율을 50%로 생각하고 샘플 화소의 히스토그램의 비율이 반반이 되는 값을 임계값으로 한다. 보정의 최적치를 구할 수 있고 경지면적을 거의 정확하게 구할 수 있는 1/2,500 국토기본도와 비교하고 샘플링 하여 구한 임계값을 기준으로 기존 면적과 알 수 있는 범위 차이를 임계값의 수정 값으로 한다.
- 지리정보(GIS 데이터)의 이용 방법
 - 원격탐사는 광범위한 데이터를 얻을 수 있지만 해상도로 인해 경계가 불명확하여 위성 데이터만으로 정확도를 올리는데 한계가 있어 「수치지도 1/25,000(지도영상)」을 이용하여 경계를 파악하고 자동적으로 논외의 지도 기호를 추출해, 기호로부터 논을 충분히 가리는 버퍼를 만드는 것으로 논 영역을 추출한다.

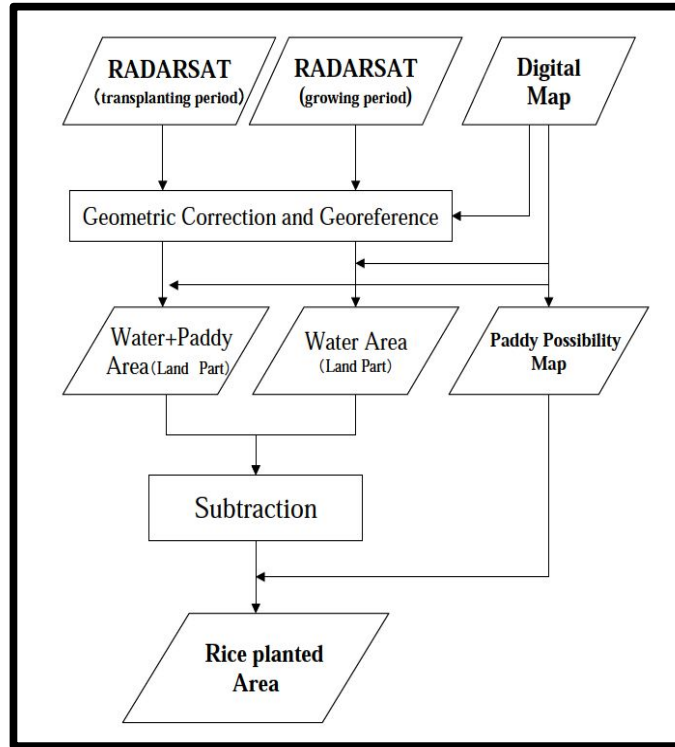


<그림 20> 「수치지도 1/25,000(지도영상)」으로
벼 비경작지 마스크 작성

- 모심기 시기와 생장기의 두 시기의 SAR 영상을 이용하는 것으로 기후에 좌우 되지 않고, 필지 변경된 논을 제외한 벼 수확 면적을 추출할 수 있었다. 또, 논이 아닌 부분에 마스크로 종래의 DEM이나, 국토수치 정보가 아니고, 「수치지도 1/25,000(지도이미지)」의 색 정보나 길이 등의 정보로부터 논 기호를 추출해 마스크를 만드는 데 이용하는 새로운 방법을 고안했다.
- 이렇게 조합한 두 시기 RADARSAT과 GIS 데이터 병용 방법을 제안하고, 그 결과 101.5%의 높은 정확도를 얻을 수 있었다. 또한 동일 대상지에서 다른 해의 데이터를 이용한 검증 시험에서도 높은 정밀도를 얻을 수 있어, 본 기술의 재현성이 높음도 확인했다. 이 두 시기 RADARSAT과 GIS 데이터 병용 방법에 의해서, 기후에 좌우되지 않고 매년 확실히 광학 센서를 병용 했을 때와 마찬가지로 높은 정확도로 벼 수확 면적의 측정 방법을 확립할 수 있었다.

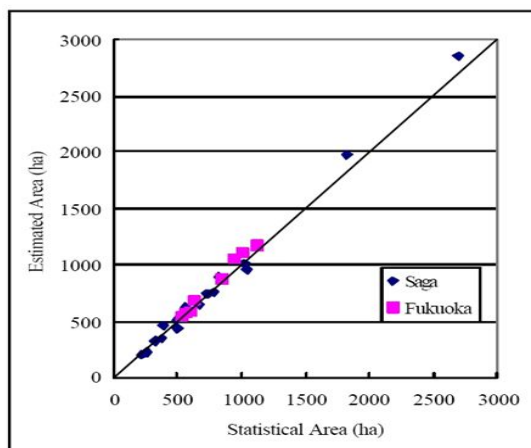
○ 벼 경작지 추출

- SAR 영상을 DEM을 이용 기하보정 처리를 한다. 우선, 첫번째 2000년 7월 3일의 SAR 영상으로 마이크로파 경면반사의 후방 산란 저하 이용하여 임계값을 가지고 담수지를 추출한다. 이 담수지는 담수된 논과 수역을 포함한다. 다음으로 두 번째 2007년 7월 27일 SAR 영상 역시 임계값을 이용하여 담수지를 추출한다. 여기서는 변경된 논과 경작되지 않은 논 및 수역을 포함한다. 첫 번째 영상의 담수지로부터 두 번째 영상의 담수지를 공제한 것과 GIS데이터 비경작지 마스크를 적용해 최종적인 벼 경작지를 추출.<그림 21>



<그림 21> 두시기 RADARSAT+GIS 데이터 사용 방법 플로차트

- 두 시기 RADARSAT+GIS 데이터 사용 방법으로 추출한 결과와 통계치 비교를 그림 4에 나타냈다. 이 때, 사가 현의 정확도는 100.7%, 후쿠오카 현이 103.1%, 전체로 102.1%라고 하는 매우 좋은 결과를 얻을 수 있었다.



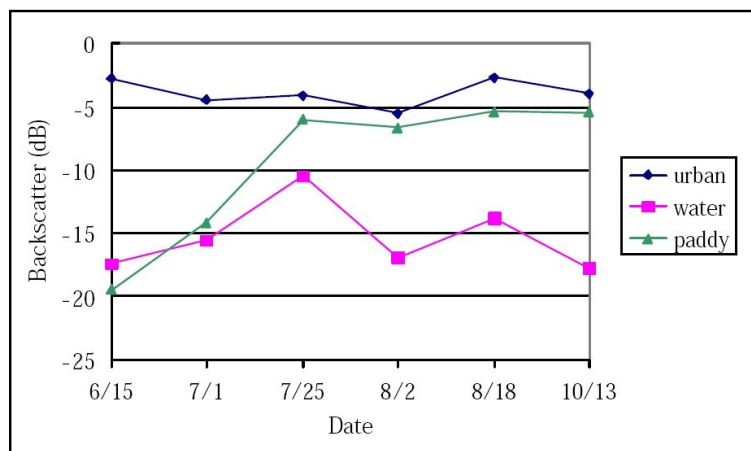
<그림 22> 두 시기 RADARSAT+GIS 데이터 사용방법결과와 통계치 비교(2000년)

- 이렇게 조합한 두 시기 RADARSAT+GIS 데이터 사용 방법을 제안하고, 그 결과 102.1%의 높은 정확도를 얻을 수 있었다. 또한 동일 대상지에서 다른 해의 데이터를 이용한 검증 시험에서도 높은 정밀도를 얻을 수 있어, 본 기술의 재현성의 높기도 확인했다. 이 두 시기 RADARSAT+GIS 데이터 사용 방법에 의해서, 기후에 좌우되지 않고 매년 확실히 광학 센서를 병용 했을 때와 마찬가지로 높은 정확도로 벼 수확 면적의 측정 방법을 확립할 수 있었다.

(3) SAR에 의한 벼 경작 면적에 관한 연구(농업 RS 핸드북)

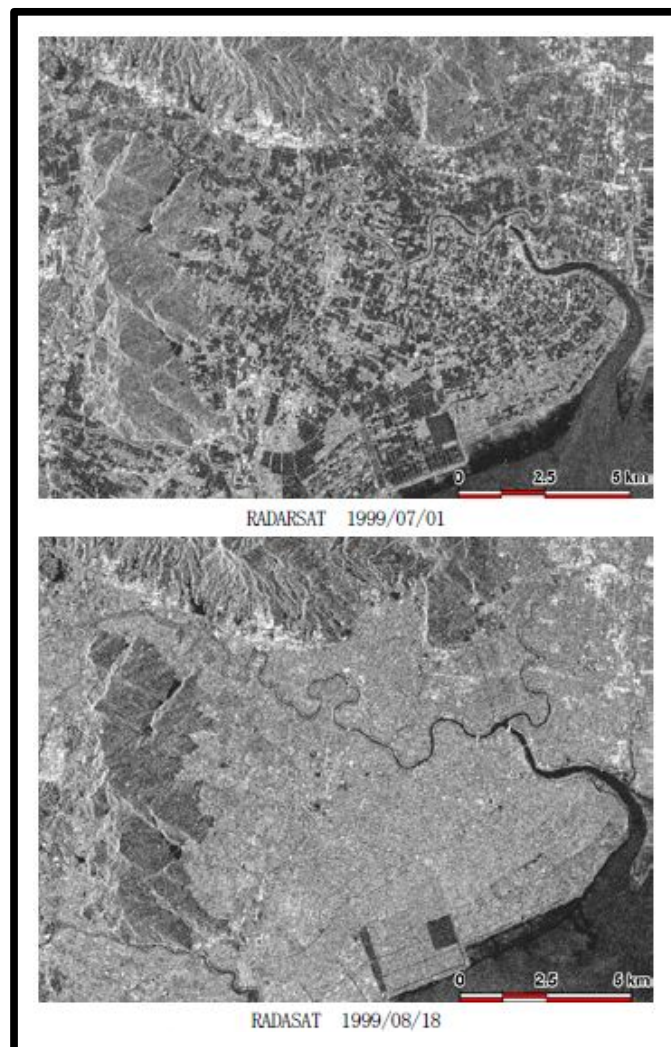
○ 벼 경작 면적 계측에의 SAR의 우위성

- 벼를 재배하는 지역은 우기가 많아, 광학 센서에서는 관측이 어렵다. 반면 SAR는 구름의 영향을 받지 않고 관측할 수 있어서 벼 경작 면적 파악에 관해 많은 연구가 되고 있다.
- 논외 후방 산란 변화에 대해, 그림 5는, 사가 현의 다시기 RADARSAT 데이터의 도시지역·수역·논에 대한 후방 산란 변화를 나타낸 것이다.
- 도시지역은 높은 값으로, 수역은 낮은 값으로 많은 변화가 없다.



<그림 23> 도시지역, 수역, 논외의 dB(Backscatter)치의 시계열 변화

- 모심기 직후의 벼는 작기 때문에 마이크로파는 벼를 투과해 버려, 그 아래에 있는 수면에서 경면 반사를 일으킨다.(<그림 24> 상단) 그리고 벼의 성장에 따라서, 서서히 마이크로파가 투과 할 수 없게 되고 동시에 체적 산란이 증가해 후방 산란이 증대해 간다. 최종적으로 도시지역 등 다른 육지 부분과 같은 정도의 후방 산란치가 되고, 산란이 포화 상태가 된다.(<그림 24> 하단)



<그림 24> SAR 영상의 모심기 직후 논과 성장한 논의 비교

RADARSAT-1 data (C) CSA 1999 All rights reserved.

Processed and distributed by MDA Geospatial Services Inc.

○ 여러 시기 데이터의 이용 방법

- 농지를 대상으로 한 SAR 연구는, Kurosu et al.(1995)이 논 관측을 중심으로 둔 연구의 최초이다 .Kurosu et al.(1997)은 5 시기에 관측된 ERS-1 데이터를 이용해 lowpass filter 처리를 하여, 아키타 현 오가타 무라의 논 지대를 대상으로 95%를 넘는 정확도로 분류를 실시하고 있다(미즈타, 하타, 쿠사지, 시가이치, 집과 대지, 삼림, 하천, 바다의 8항목). 이 연구는 스펙클을 감소시키는 필터링에 주목적을 둔 연구이며, 논 검출의 테스트로 하고 있지만, 그 후의 논을 대상으로 한 SAR 관측 연구에 많이 인용되고 있다.
- Le Toan et al.(1997)은 ERS-1 데이터를 사용해, 인도네시아의 벼 경작 면적을 추정하고 있다. 벼의 경작형태나 기간의 차이에 영향이 있기 때문에 후방 산란 계수와 바이오매스의 관계를 이용하고 수정을 실시하여 90%의 정확도로 추정하고 있다.
- Chakraborty et al.(1997), Panigrahy et al.(1997)은, 인도의 서벵갈의 논 지대를 대상으로 ERS-1 데이터를 이용한 분류한 결과를 보여주었다. 논, 밭, 수역, 시가지, 집과 대지의 5 항목에 대해 비교적 단순한 분류법으로 분류해, 논과 오분류 된 반사가 낮은 수역 부분을 제외한 것으로 논의 면적 통계치와 비교적 좋게 91% 정도의 정확도였다고 한다. 여기에서는, 정확도를 높게 추정하기 위해서 모심기 직후의 물이 차고 있는 시기의 데이터를 사용하는 것이 중요하다고 하고 있다. 또, 호수와 늪, 하천 등 개방 수면이 오차를 크게 한다는 것도 지적하고 있다.
- Ribbes and Le Toan(1999)는 인도네시아를 대상으로 다시기의 RADARSAT 데이터를 사용해 논을 추출하여 지도와 비교한 정답률이 87%이었다고 한다. 또, 이 연구 중에서 입사각이 큰 Fine모드가 Standard 모드보다 후방 산란치가 포화에 이르는 것이 빠르다고 하고 있다.

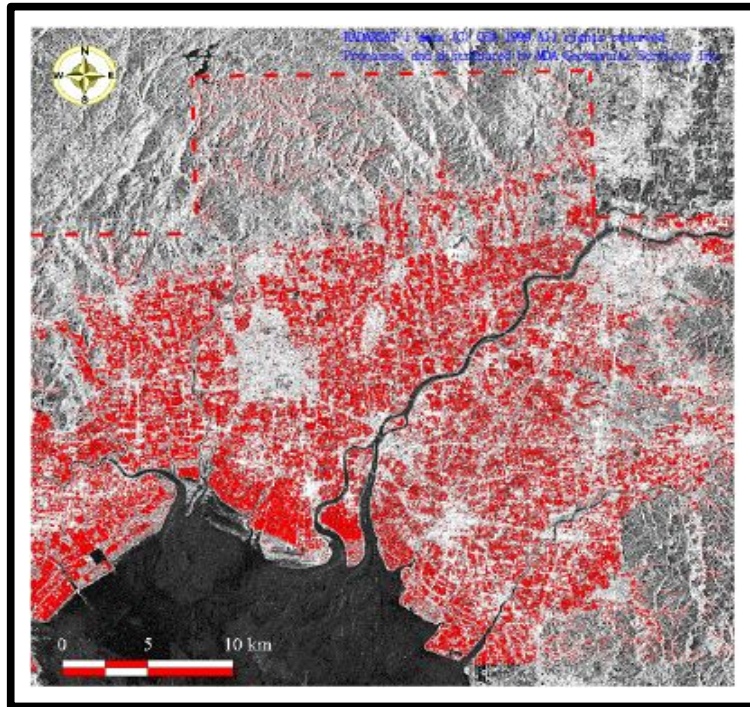
- 타케우치 등(2000)은, RADARSAT이나 ERS-1를 사용해, 조기에 벼 경작 면적을 파악하는 능력의 차이를 비교해 교사를 둔 최우법에 따른 분류로 경작 면적을 추정을 하고 있다. 모심기 전과 모심기 후의 2 시기의 RADARSAT 데이터를 이용해 7×7의 다수결 필터를 적용했을 때에 가장 좋은 결과가 되어, 97.3%라고 하는 추정치가 얻어올 수 있다. 이 연구는 2 시기의 데이터만으로 경작 면적을 요구하고 있는 흥미로운 예이다.
- Shao et al.(2001)은 3년이라고 하는 비교적 장기간에 걸쳐 다시기 RADARSAT 데이터를 이용해 중국의 벼 모니터링과 수량 예측을 실시하고 있다. 11 썸의 SAR 데이터를 사용해, 신경망(neural network)을 이용한 교사 분류의 결과, 최종적으로 97%라고 하는 추정 결과를 얻고 있다.
- Li et al.(2003)은, RADARSAT의 ScanSAR 데이터를 이용하여 실사용을 위한 시스템을 목표로 중국 남부의 논 면적을 구하고 있다. ScanSAR 모드는 해상도를 낮추(50m 또는 100m)는 것에 따라 광범위(300Km 또는 500km)를 관측하는 모드이다. 여기에서는, 분류 정확도를 올리기 위해 표고 데이터나 GIS 데이터라고 하는 보조 데이터의 이용이 제시되고 있다. 또, 산간 부에서는 기록에 의한 레이더 그림자 때문에 분류 정확도가 떨어지는 것을 지적하고 있다.

○ 임계값 추출 방법

- 오가와(1998), Ogawa et al.(1998)은 홋카이도 이사카리 평야에서 전천후형 센서인 SAR 를 사용하는 것으로 매년 확실히 벼 경작 면적의 값을 얻는 방법을 개발하기 위한 연구를 실시하고 있다. 그곳에서는 SAR 영상으로 RADARSAT 1 밴드를 사용하기 때문에 수면과 수면 이외의 표면은 잘 구별할 수 있지만, 이 화상 1 썸 만으로 논을 추출하

는 것은 곤란했다고 하고 있다. 그래서 과거의 Landsat/TM 영상보다
 벼 경작 가능 논을 맵으로 작성해 두어, RADARSAT 영상으로 8월에
 물이 들어간 수면으로 인정된 것을 논으로 하는 알고리즘을 개발해, 정
 확도 좋게 논 면적을 산출하고 있다. 논단일 작물 지대인 18지역 시읍
 면의 통계치에 대해 97.7%의 정확도로 벼 경작 면적을 추정하고 있다.
 이 때의 논 추출은 임계값을 가지고 행해지고 있지만, 임계값의 결정은
 후방 산란 강도의 수평 프로파일을 기본으로 논으로 행해지고 있다.

- Okamoto and Kawashima(1999)는 광학 센서 데이터를 이용해 농지의
 후보지를 추출해, 모내기 시기의 SAR 데이터로 경작 된 장소를 검출
 하는 방법을 이용하고, 인도네시아의 월별의 벼 이식 면적을 추정하고
 있다. 같은 방법으로 Okamoto and Kawashima(2001)는 한반도 남부에
 서 여러 해의 벼 경작 면적을 추정하고 있다. 그들의 방법은, 모심기가
 행해지는 논의 빈도 분포(이식 강도)로 정규 분포를 추정하고 있고
 SAR 데이터가 담수 면적 최대치의 것이 아니어도 추정할 수 있다고
 하고 있다. 임계값을 논 경지의 후방 산란치의 평균에서 3σ 으로 했을
 경우가 가장 좋은 결과였다고 하고 있다.
- 이시즈카(2006)는, 사가 현 평야에서 두 시기의 RADARSAT 영상과
 GIS 데이터를 조합하여 보조적으로 광학 센서를 이용하지 않고 매년
 안정적으로 높은 정확도로 수확 면적을 계측하는 방법을 개발하고 있
 다.<그림 25> 또, 여기에서는 임계값의 결정 방법으로 객관성을 갖게
 하기 위해서, P-tile 법을 적용하고 있다. SAR 영상에서 담수지를 임계
 값으로 추출해 벼 경작 면적을 요구하는 방법은 임계값을 상대적으로
 약간 높은 값으로 설정하지 않으면 좋은 결과를 얻지 못할 것을 경험
 적으로 알려져 왔다. 임계값을 이용하는 방법은 단순하지만 객관적이거
 나 범용성이 높은 임계값 결정 방법이 문제로 남아 있다.

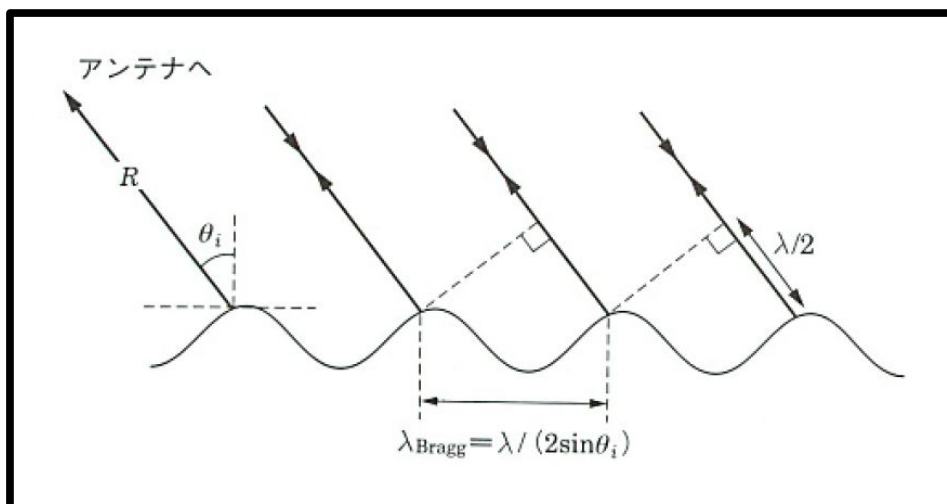


<그림 25> 시기 RADARSAT + GIS 데이터
이용한 비 수확면적 추출 결과

○ 다과장·다편과 데이터를 이용하는 방법

- 다과장·다편과 관측이 가능한 SAR 센서가 증가하고 있기 때문에 비 경작지 면적 계측에의 다과장·다편과 SAR의 이용을 고려할 수 있다. SAR가 아니고 실제로 개구 레이더(RAR)를 사용한 지상 관측에 대해서는 이노우에(2004) 등의 연구 예가 있지만, 비 경작 면적 계측을 목적으로 한 다과장·다편과 SAR 데이터를 이용한 연구는 현재 거의 없다.
- 분류의 예로서는, 우메하라(1999) 등에 의해 일본의 항공기 SAR 인 Pi-SAR를 이용하여 아키타 현 오가타무라에서 농지 분류를 실시한 것이 있다. X 및 L 밴드의 전편과 데이터를 이용하여 분류를 실시한 결과, 비의 검출에 관해서는 좋은 결과를 얻을 수 있었지만, 대두와 보리의 분류는 곤란했다고 보고하고 있다.
- 이시즈카(2006)는, Pi-SAR 데이터를 이용해 다과장·다편과 SAR에 의

- 한 벼 경작 면적에 관한 연구를 실시하고 있다. 여기에서는, ALOS/PALSAR를 이용한 벼 경작 면적의 파악 방법에 대해 검토하고 있다.
- 임계값을 사용한 방법으로 벼 경작 면적을 구하는 경우, C 밴드의 RADAR-SAT에서는 담수 식별 가능 기간이 짧고, 2 모작 지대 등에 대처할 수 없는 문제가 있다. 그러나 L 밴드를 사용했을 경우 RADARSAT 보다 긴 기간에 걸쳐서 담수 식별이 가능해 이 문제는 해결된 것으로 생각된다.
 - 반면, L 밴드 SAR를 이용했을 경우 담수 식별 가능 기간은 길어지지만 그 투과성 때문에 벼의 성장에 의한 후방 산란의 증대가 보이지 않을 가능성이 생긴다. 또 L 밴드 SAR 데이터를 논 관측에 이용하려고 했을 경우, Bragg 산란의 문제가 생긴다(Rosenqvist 1999, Ouchi et al. 2006). Bragg 산란과는 Bragg 공명 조건을 채우는 대상으로부터의 후방 산란이 커지는 현상이며<그림 26>, 마이크로파의 파장과 벼 농작물의 포기 사이가 공명을 일으키는 것에 의해서 발생한다.<그림 27>



<그림 26> Bragg 공명 산란



<그림 27> 항공기 폴라리메트릭 SAR 에 의한 농지 관측 예 (L 밴드)

- 이 Bragg 산란의 문제의 대처 방법으로서, 편파 정보에 의해서 Bragg 산란을 분리하는 것을 생각할 수 있다. 편파 관측은 대상의 형상을 반영한 정보를 얻기 위해 벡터와 같이 특징적인 형상의 것을 추출하는 것이 가능하다. 벡터의 경우 VV 편파와 HH 편파의 사이에 후방 산란 강도의 차이가 발생하기 때문에 이것을 Bragg 산란의 추출에 이용하는 것이 가능하리라 생각할 수 있다. <그림 28>에서는 Pi-SAR 데이터를 이용해, Decomposition 분석(산란 회수 분석)에 의한 Even 성분(2회 산란)과 VV/HH 의 편파비를 이용해, Bragg 산란경지의 추출을 시도한 예이다. ALOS/PALSAR는 Decomposition 분석에 필요한 전편파 관측은 TEST 모드이기 때문에 이 수법을 그대로 이용할 수 없다. 그러나 이 결과로 가능성은 충분하다.

- 실사용을 위한 방법이라 하는 것을 상정해, 작업 인력의 감소와 보다 신속한 대응·공표라는 관점에서 보면 궁극적으로 1 회 관측에 의한 파악이 바람직하다. 이시즈카(2006)에서는, 1 시기의 Pi-SAR 관측 데이터로 벼 경작 면적의 추정을 실시하고 Landsat/TM 데이터로 검증을 실시하고 있다. 그 결과, Landsat/TM 에서는 분류 정확도가 낮은 것으로 보이는 작은 경지를 제외하면 98%의 정확도를 얻을 수 있어 1 시기의 다중시기·다편파 SAR 데이터에 의한 벼 경작 면적 측정이 가능하다고 하는 것이 증명되고 있다. ALOS/PALSAR 만으로 같은 분석 방법을 적용하는 것은 불가능하지만, 단파장의 다른 SAR 위성 데이터를 조합하는 것으로 기존보다 적은 관측 횟수로 일본 전국의 벼 경작 면적을 파악할 수 있을 가능성이 있다.



<그림 28> Even성분과 VV/HH의 편파비 이용한 Bragg 산란포장 추출

○ SAR에 의한 농업 조사의 향후의 전망

- 먼저 말한 것처럼, 향후 발사 되는 SAR 센서는 다편파 관측이 가능해지고 있다. 또 항공기나 스페이스 셔틀에 1 개의 플랫폼으로 다파장·다

편파 데이터를 동시 관측 가능한 SAR 센서의 탑재가 실현되고 있다. 그러나 최근에는 로켓 발사 실패 등의 영향으로부터 리스크 분산이라는 관점이 중요시되어 센서를 많이 실은 대형 위성보다 단순한 기능의 소형 위성을 다수 쏘아 올리는 것이 검토되고 있다. 그래서 복수의 소형 위성에 의한 탠덤 관측이나 관계형 관측에 의해 다파장·다편파 데이터를 얻는 것으로 보인다. 따라서 논 이외의 농지에 SAR 데이터의 이용이 촉진된다고 생각된다.

- 논 이외의 농지에의 SAR 데이터의 적용으로는 토양 수분이나 초원, 밭인 땅 등의 해석이 기대되고 있다. 토양 수분은 농업에 있어서 중요한 조건이며, SAR가 함수율의 변화에 따른 유전율의 변화를 파악하는 것은 이전부터 연구가 되고 있다. 그러나 토양 표면조도의 영향이 크고 수분만의 정보를 추출하는 것이 곤란하여 아직도 실용 수준의 추정에는 도달하고 있지 않다. 최근, 혼고 등(2006)은 홋카이도에서 밭이 돼 있는 땅 토양의 비금속의 차이로 인한 보수성의 차이에 대해 상대적으로 평가하는 데 성공하고 있어, 향후, 정확도 향상이 기대되고 있다.
- 다파장·다편파 데이터를 밭이 돼 있는 땅 작물의 분석에 이용한 예로서 나가노현 남모쿠무라 고원 야채의 성장 모니터링에 Pi-SAR 데이터의 적용 예(야마노쿠치 등, 2006)가 있다. 편파 정보가 형상을 반영하고 있기 때문에 배추나 양상추 등의 포기 야채에 대해서 효과를 인정하고 있다.
- 또, InSAR 와 포라리메트릭 SAR를 조합한 PolInSAR 기술 등도 개발되고 있으며, 이 기술을 농업용수 관리 정보 추출을 시도한 예(이토, 2006) 등도 보고되고 있다.
- 향후에도 기술의 발전에 수반해 다파장·다편파 데이터를 이용한 여러 가지 연구, 새로운 분석 방법의 개발 등 SAR 데이터의 농업 연구에 응용이 진행되는 것은 틀림없다고 생각된다.

제 3 장. 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 시범사업

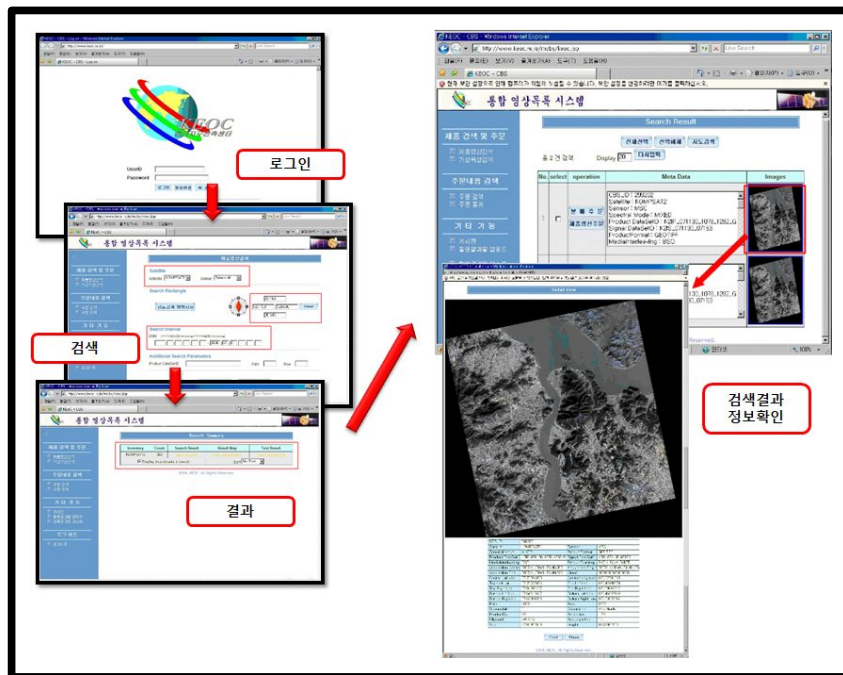
1. 연구대상지역 선정

가. 시범 연구지역 선정조건

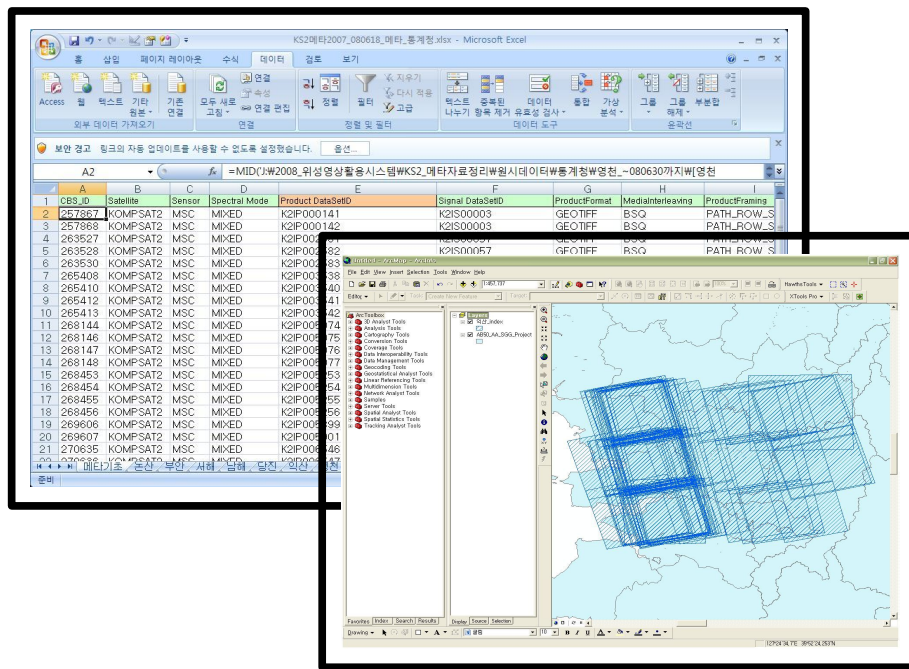
- 원격탐사를 이용한 경지조사의 타당성을 위해 3개의 시범 연구 대상지를 선정
- 고해상도 위성영상 획득의 용이성과 현장조사의 접근성 및 지역 분배를 고려하였음

나. 위성영상자료 수집

- 위성영상 검색시스템을 통해 무상으로 제공되는 Kompsat-2 기 촬영 (2008년 6월 30일 기준) 자료를 확인 후 메타자료를 입수하여 DB를 구축 하였으며 좌표를 활용하여 대략적인 영상의 위치를 파악할 수 있는 Index를 제작함



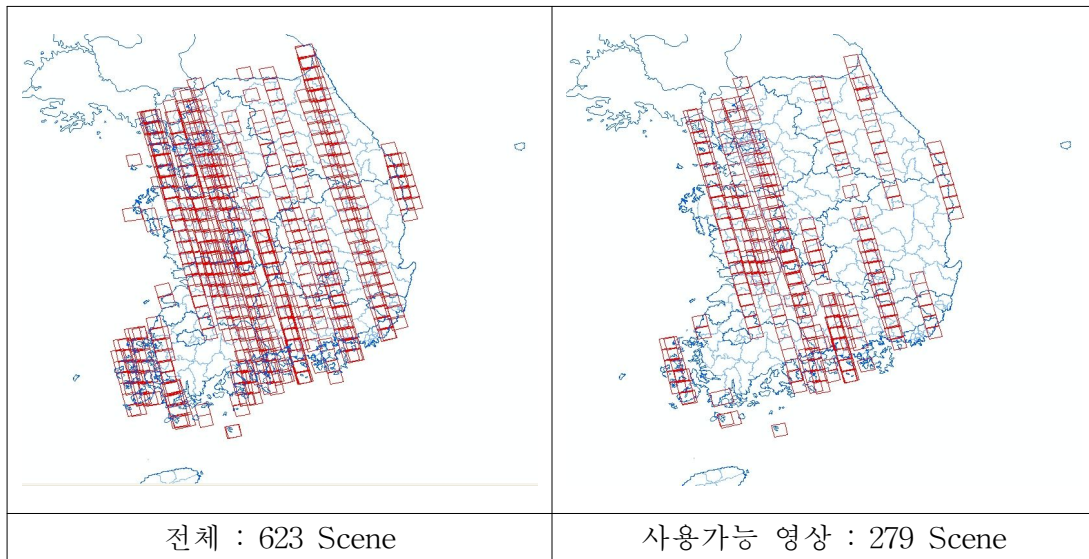
<그림 29> 위성영상 검색 과정



<그림 30> 위성영상 DB 구축 및 Index Shape 제작 결과

○ 위성영상 검색조건 및 결과

- 1차 검색조건 : KOMPSAT-2 위성영상의 촬영 시작 일부터 2008년 6월 30일 영상 중 5월~9월에 촬영된 영상



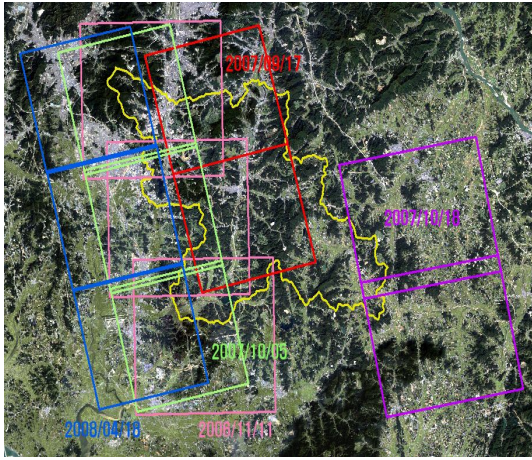
<그림 31> 남한지역의 5월~9월 영상 현황

<표 6> 사용가능 영상 분류 기준

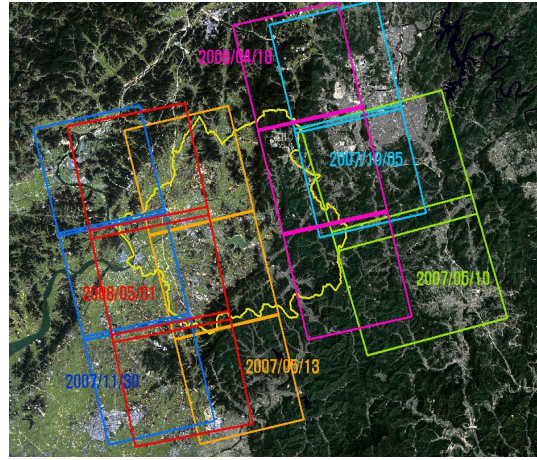
구분	분류항목	수 (Scene)
1	사용가능영상	171
2	소량의 덩어리구름이 있는 영상	22
3	구름이 많이 있으나 한쪽으로 치우쳐있어 영상의 면적 중 50% 이상 사용가능한 영상	25
4	구름들이 산재해 있으나 산쪽에 위치해 일부 높은 사용 가능한 영상	26
5	사용가능하나 연무가 존재하는 영상	16
6	연무가 심하나 보조자료로 이용가능 하거나 썸네일 만으로는 판독이 어려운 영상	19
	소계	279
7	구름이 많아 사용이 불가능한 영상	237
8	연무가 매우 심해 사용이 불가능한 영상	35
9	얇은 구름 영상 전역에 분포해 사용이 불가능한 영상	7
10	구름이 대부분 이거나 영상정보(썸네일 이미지)가 없는 영상	65
	계	623

- 검색된 결과에 대한 썸네일과 메타데이터 자료를 입수하여 <표 6>과 같은 기준에 의해 가능한 구름이 없는(Cloud Free) 자료를 선별하여 사용가능한 영상을 구분하였음
- 1차 검색에서 완벽하게 영상이 커버되지 않는 지역에 대해 2차, 3차 검색을 실시하여 위와 동일한 기준으로 사용가능 영상을 선별하였음
 - 2차 검색조건 : 2008년 7월 1일 ~ 2008년 10월 15일 촬영된 영상
 - 3차 검색조건 : 영상촬영 시작일 ~ 2008년 10월 15일 현재까지 촬영된 영상 중 1·2차 조건에서 선정된 영상을 제외한 영상중 비교적 사용가능한 영상

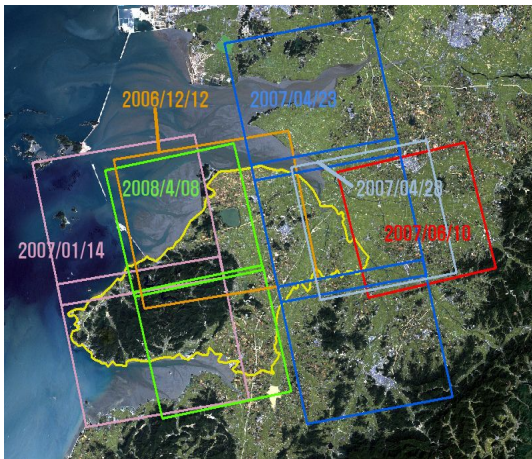
○ 검색된 지역의 현황은 다음과 같다.



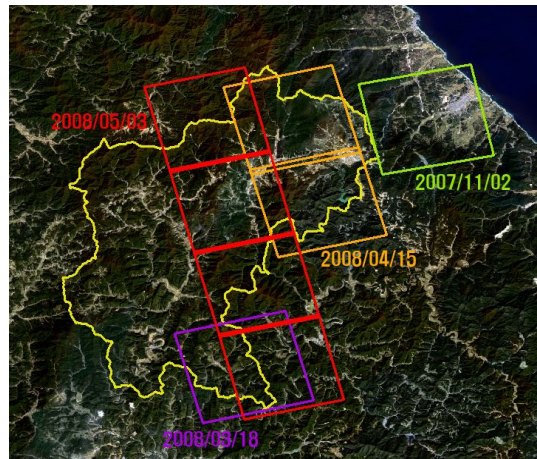
용인 사용가능 영상 : 13 Scenes



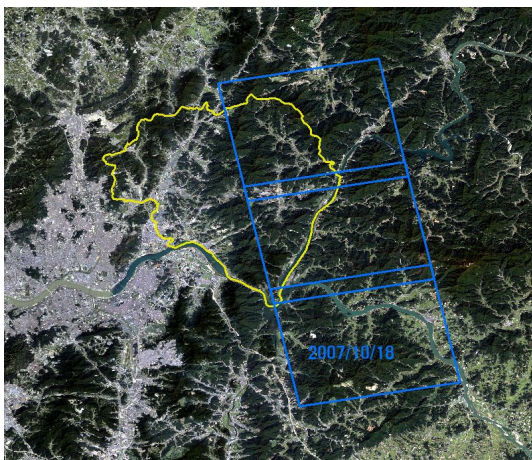
논산 사용가능 영상 : 16 Scenes



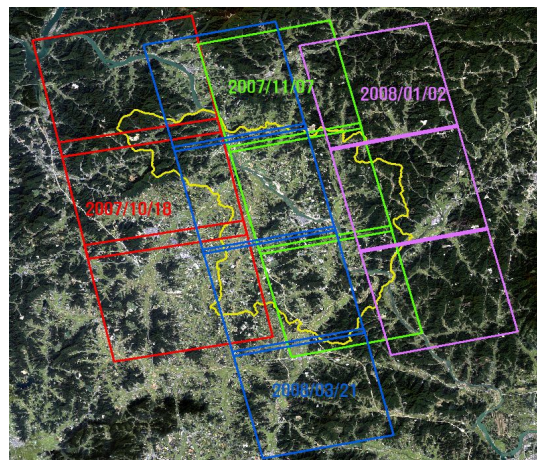
부안 사용가능 영상 : 10 Scenes



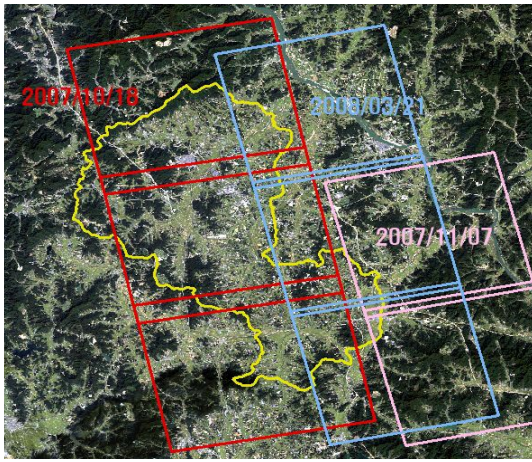
평창 사용가능 영상 : 8 Scenes



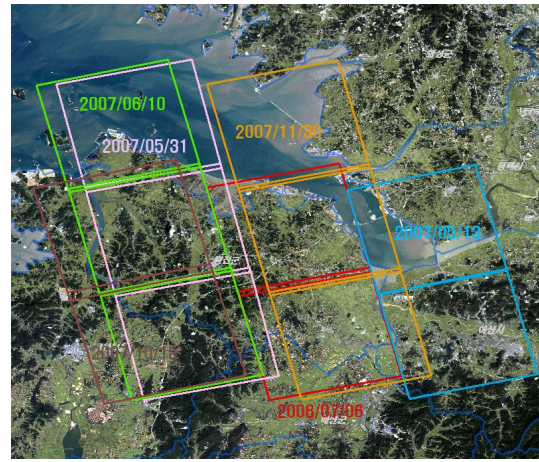
남양주 사용가능 영상 : 3 Scenes



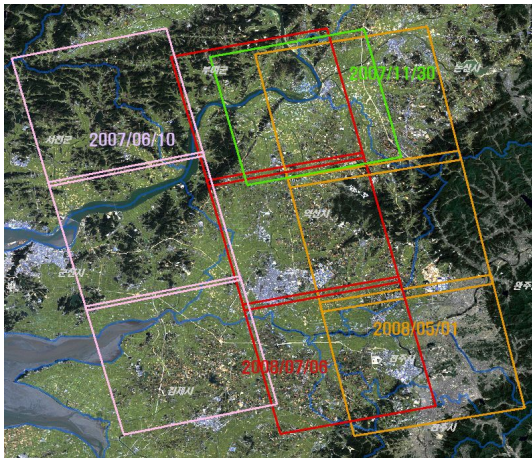
여주 사용가능 영상 : 13 Scenes



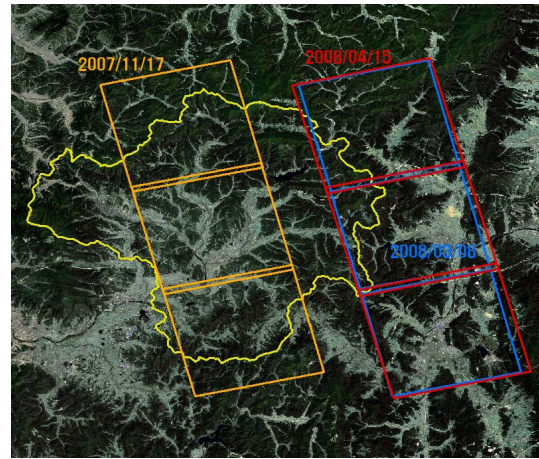
이천 사용가능 영상 : 8 Scenes



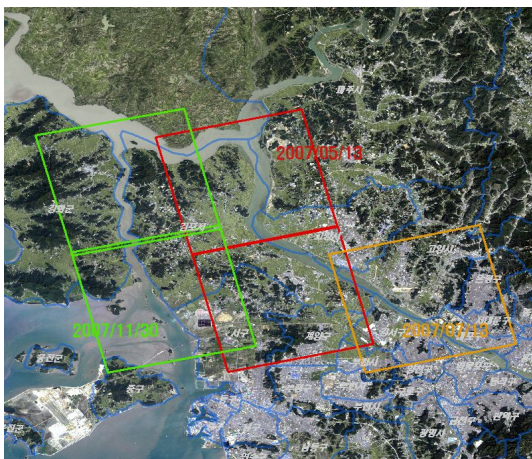
당진 사용가능 영상 : 15 Scenes



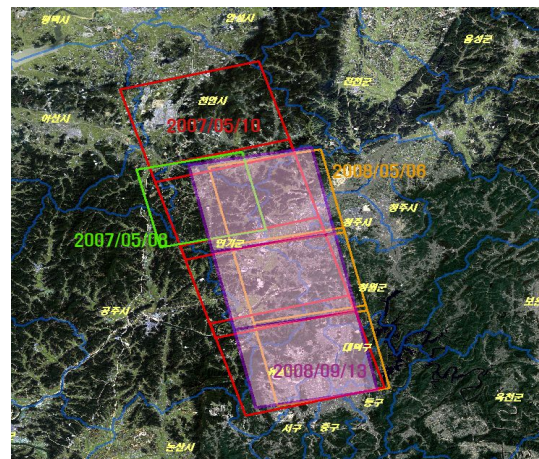
익산 사용가능 영상 : 10 Scenes



영천 사용가능 영상 : 9 Scenes



김포 사용가능 영상 : 5 Scenes



연기 사용가능 영상 : 11 Scenes

<p>김제 사용가능 영상 : 11 Scenes</p>	<p>청양군 사용가능 영상 : 13 Scenes</p>
<p>경북지역 전체</p>	<p>경북지역 중 사용가능 영상</p>

<그림 32> 검색 대상지별 사용가능 영상 현황

- 대상지 선정의 최우선 조건으로는 위성영상이 확보 가능한 지역을, 두 번째 조건으로는 통계청 국가통계포탈 서비스에서 제공하고 있는 국토면적 자료와 경지면적 자료를 입수하여 경지면적이 비교적 많은 지역을 우선 순위로 선정하였음
- 또한 촬영일이 다른 인접 영상과의 모자이크를 고려하여 가능한 촬영일이 같은 영상이 많이 분포하는 지역을 대상지로 선정하였음

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	도별	시군별	면적(ha)	계(ha)	경지비율(%)	논(ha)	논면적비(%)	밭(ha)	밭면적비(%)	5~9월 영상점유율
2	전북	김제시	54,499	28,325	51.97	23,977	44.00	4,348	7.98	검색지역
3	전북	익산시	50,694	25,166	49.64	21,322	42.06	3,844	7.58	검색지역
4	경기	평택시	45,331	20,672	45.60	15,438	34.06	5,234	11.55	검색지역
5	전남	무안군	44,730	19,786	44.23	10,599	23.70	9,187	20.54	0
6	충남	당진군	66,552	28,173	42.33	23,294	35.00	4,879	7.33	검색지역
7	전북	고창군	60,767	24,950	41.06	15,112	24.87	9,838	16.19	0
8	전남	나주시	60,405	23,573	39.02	16,747	27.72	6,826	11.30	0
9	전남	영암군	58,713	22,810	38.85	17,410	29.65	5,400	9.20	0
10	전북	부안군	49,329	19,082	38.68	15,268	30.95	3,814	7.73	검색지역
11	충남	서천군	35,801	13,755	38.42	11,079	30.95	2,676	7.47	50
12	경기	이천시	46,129	17,691	38.35	10,133	21.97	7,558	16.38	검색지역
13	충남	서산시	74,056	27,849	37.61	21,845	29.50	6,004	8.11	30
14	전북	군산시	39,009	14,515	37.21	13,437	34.45	1,078	2.76	50
15	전남	해남군	91,721	33,477	36.50	22,623	24.67	10,854	11.83	30
16	충남	논산시	55,483	19,866	35.81	15,409	27.77	4,457	8.03	검색지역
17	충남	예산군	54,228	19,146	35.31	12,738	23.49	6,408	11.82	70
18	전남	영광군	47,365	16,534	34.91	12,002	25.34	4,532	9.57	50
19	전남	함평군	39,276	13,709	34.90	9,641	24.55	4,068	10.36	10
20	경기	김포시	27,663	9,638	34.84	6,995	25.29	2,643	9.55	검색지역
21	전북	정읍시	69,287	23,657	34.14	17,995	25.97	5,662	8.17	45
22	충남	홍성군	44,394	14,953	33.68	10,903	24.56	4,050	9.12	60
23	경기	화성시	68,837	23,150	33.63	14,859	21.59	8,291	12.04	70
24	충남	아산시	54,219	17,466	32.21	12,488	23.03	4,978	9.18	70
25	전남	신안군	65,466	20,634	31.52	10,710	16.36	9,924	15.16	0
26	충남	태안군	50,504	15,697	31.08	10,953	21.69	4,744	9.39	0
27	경기	안성시	55,351	16,304	29.46	9,616	17.37	6,688	12.08	검색지역
28	전남	진도군	43,073	12,407	28.80	6,928	16.08	5,479	12.72	0
29	충남	부여군	62,448	17,875	28.62	14,645	23.45	3,230	5.17	75

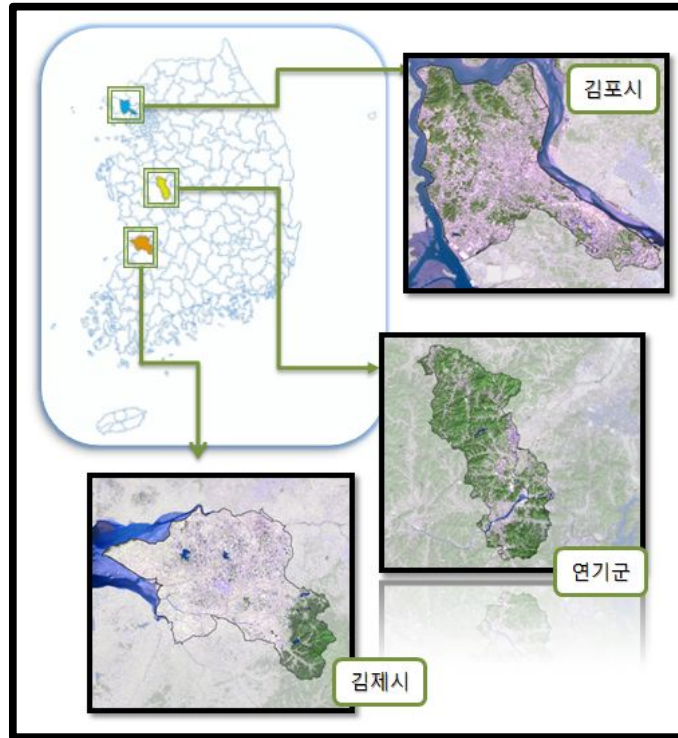
<그림 33> 시군구별 경지면적 비교

다. 시범 대상지역 선정

- 본 연구에서는 경기도 김포시, 충청남도 연기군, 전라북도 김제시를 대상지로 선정하였음

(1) 대상지역 현황

- 김포시 대상지면적 27,663(ha), 총 경지면적 9,638(ha), 논·밭 면적이 각각 6,995(ha), 2,643(ha) 임
 - 개발 및 도시화 등으로 인해 농경지에 대한 변화가 빈번한 지역
 - 도심지가 많이 분포하여 다양한 경지의 형태가 예상되는 지역
 - 기존의 연구 성과 및 지도 자료 등 기타 참조자료 구축이 적은 지역



<그림 34> 시범 연구대상지역

- 연기군 대상지면적 36,136(ha), 총 경지면적 8,488(ha), 논·밭 면적이 각각 5,362(ha), 3,126(ha) 임
 - 개발 내륙에 분포하는 지역
 - 산으로 둘러싸여 있어 다양한 형태의 경지가 분포 하며, 밭 비율이 비교적 높은 지역
 - 현장조사가 용이한 지역

- 김제시 대상지면적 54,499(ha), 총 경지면적 28,325(ha), 논·밭 면적이 각각 23,977(ha), 4,348(ha) 임
 - 김제 평야의 일부
 - 경작지 중 논이 많이 분포한 지역

(2) 대상지역의 위성영상 현황

- 보다 정확한 연구를 위해서는 동일 지역에 대한 여러 시기의 영상을 이용하는 것이 바람직하나 본 연구에서는 영상수급의 문제로 단일시기의 영상을 활용하였음
- <표7>은 김제시, 김포시, 연기군의 위성영상 정보이다.

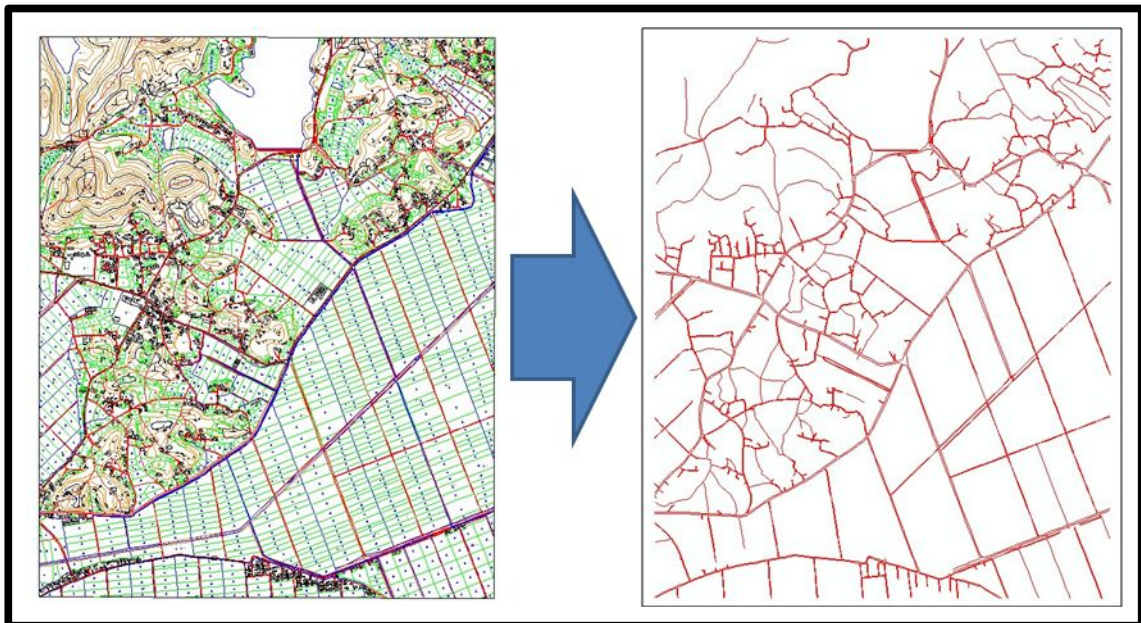
<표 7> 대상지역의 위성영상 현황

NO.	Product DataSet ID	촬영일자	비고	대상지역
1	K2IP013307	2007-05-13	1G	경기도 김포시 (5Scenes)
2	K2IP013364	2007-05-13	1G	
3	K2IP016875	2007-07-13	1R	
4	K2IP_071130_1078_1281_G	2007-11-30	1G	
5	K2IP_071130_1078_1282_G	2007-11-30	1G	
6	K2IP_080506_1082_1272_G	2008-05-06	1G	충청남도 연기군 (13Scenes)
7	K2IP_080506_1082_1273_G	2008-05-06	1G	
8	K2IP_080506_1082_1274_G	2008-05-06	1G	
9	K2IP013283	2007-05-10	1G	
10	K2IP013285	2007-05-10	1G	
11	K2IP013285	2007-05-10	1R	
12	K2IP013286	2007-05-10	1G	
13	K2IP013286	2007-05-10	1R	
14	K2IP013288	2007-05-10	1G	
15	K2IP013158	2007-05-08	1G	
16	K2IP_080913_1082_1272_G	2008-09-13	1G	
17	K2IP_080913_1082_1273_G	2008-09-13	1G	
18	K2IP_080913_1082_1274_G	2008-09-13	1G	
19	K2IP_080706_1078_1267_G	2008-07-06	1G	전라북도 김제시 (12Scenes)
20	K2IP_080706_1078_1268_G	2008-07-06	1G	
21	K2IP015030	2007-06-10	1G	
22	K2IP015031	2007-06-10	1G	
23	K2IP015032	2007-06-10	1G	
24	K2IP015032	2007-06-10	1R	
25	K2IP010278	2007-04-23	1G	
26	K2IP010279	2007-04-23	1G	
27	K2IP_071130_1078_1267_G	2007-11-30	1G	
28	K2IP_071130_1078_1268_G	2007-11-30	1G	
29	K2IP_080826_1075_1267_G	2008-08-26	1G	
30	K2IP_080826_1075_1268_G	2008-08-26	1G	
계	총 30 Scenes (1G 26Scenes, 1R 4Scenes)			

2. 참조자료 수집 및 DB 구축

(1) 수치지형도

- KOMPSAT-2 위성영상의 기하보정 작업을 위한 참조자료로 사용
- 1/5000 수치지형도(GRS80)로 국토지리정보원에서 제작하여 공급하는 최신 수치지형도 구입함
 - 위성 영상 기하보정 작업에 사용 될 레퍼런스 자료 제작
 - 수치지형도 중 도로 레이어 3110, 3111, 3112, 3113, 3114, 3115, 3116, 3117, 3118, 3119 레이어의 기존도로와 313*, 314* 레이어에 속하는 건설 예정 도로 및 건설 중 도로를 포함한 레이어 추출
 - AutoCADMap이나 ArcGIS 등을 통해 shape파일로 변환
 - 좌표계 입력 후 기하보정을 원하는 좌표계로 변환(GRS80 좌표계)

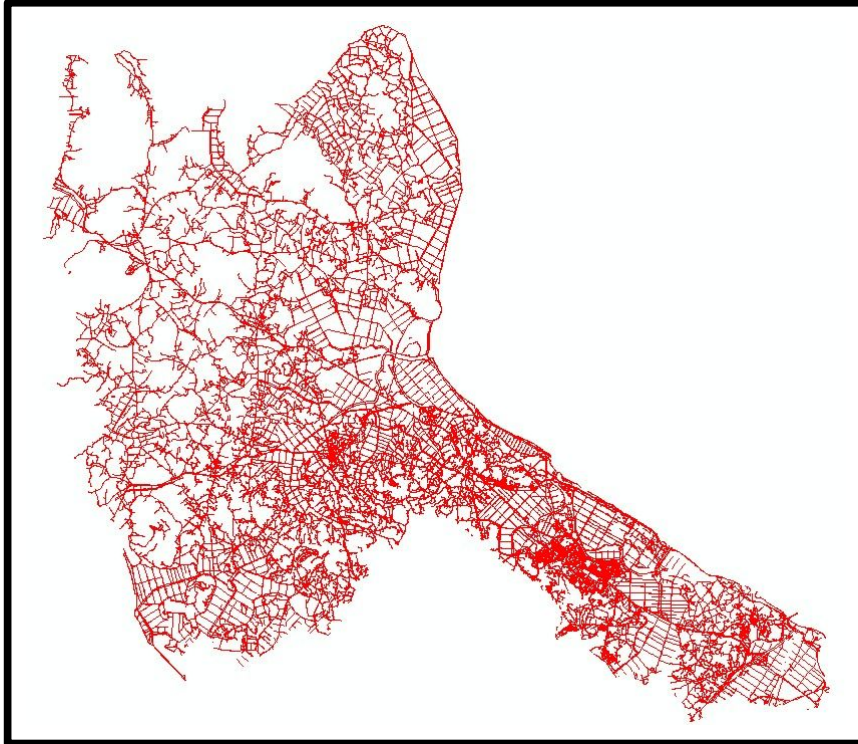


<그림 35> 수치지형도에서 도로 레퍼런스 추출

(2) 센서스지도

- 통계청에서 제작 된 센서스지도 중 도로 레이어 사용

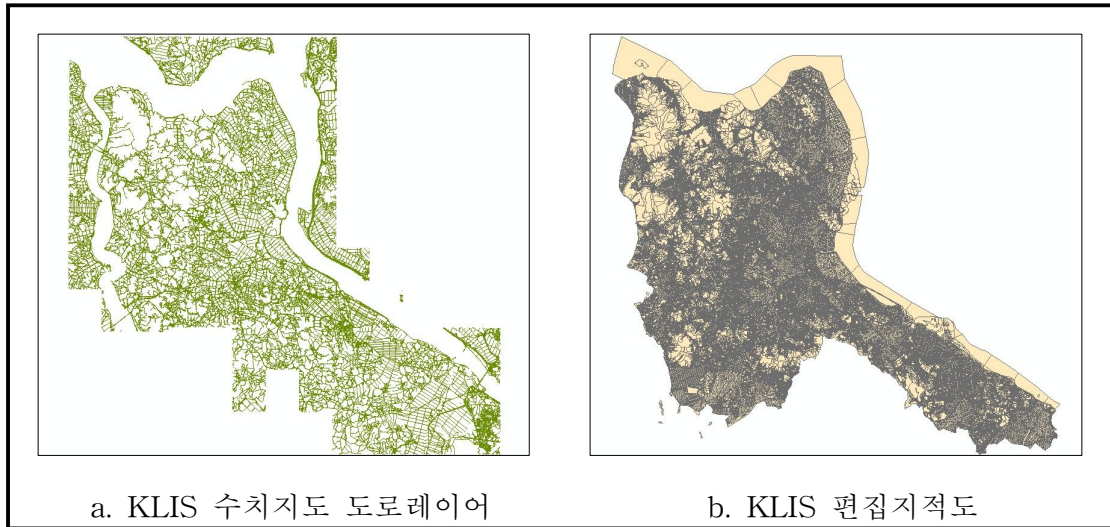
- 센서스지도(Bessel1841_TM)를 GRS80_TM좌표로 좌표변환
- 수치지형도가 없는 지역에서 기하보정용 레퍼런스 데이터로 사용
 - 자료에 대한 고시 또는 성과심사 등의 근거자료가 없어 지상기준점 선정을 위한 자료로의 사용은 불가
 - 참고용 자료로 활용하였음



<그림 36> 센서스 지도

(3) KLIS(한국토지정보시스템)

- KLIS 데이터 중 수치지도와 편집지적 데이터를 한국토지공사에 협조 받아 사용
- KLIS 기존 좌표계인 Bessel1841_TM 좌표를 GRS80_TM 좌표로 변환
- 수치지도 1/5,000 도로 레이어는 수치지형도 일부 미제작 지역의 기하보정용 참조자료로 사용하였으며, 지적도는 표본 단위구 요도 생성에 활용



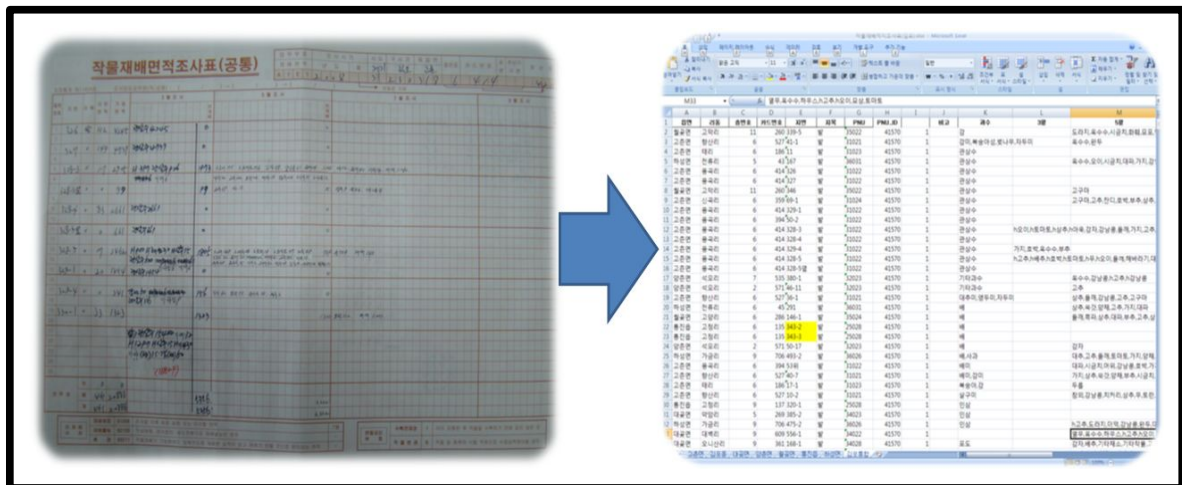
a. KLIS 수치지도 도로레이어

b. KLIS 편집지적도

<그림 37> KLIS 데이터

(4) 작물재배조사표

- 통계청 각 지방통계청 출장소를 방문하여 스캔하여 입수하였음
- 입수된 자료를 엑셀로 입력·디지털화 하여 Signature 선정을 위한 참조자료로 활용하였음



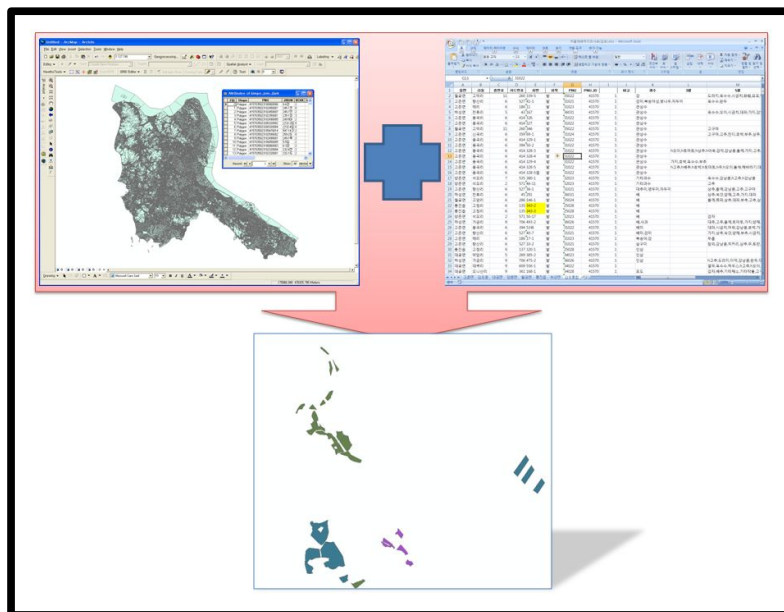
<그림 38> 작물재배면적조사표 디지털화

(5) 표본 단위구 요도

- 작물재배면적조사표로 작성된 자료를 스캔된 면적표본조사 단위구 요도를 참조하여 편집지적도와 조인 작업 하여 표본 단위구 요도를 생성
- 작성된 표본 단위구 요도는 위성영상 분류 시 Signature 선정의 참조자료 및 사전현장조사 자료로 활용하고 영상 분류 결과의 검수를 위한 기준 데이터로 사용



<그림 39> 면적 표본조사 단위구 요도



<그림 40> 표본 단위구 요도 제작

3. 위성영상 전처리

- 인공위성을 이용하여 원격탐사 작업을 수행하는 경우 자료의 수집 과정에서 여러 가지 요인에 의해 자료의 훼손, 왜곡 등이 발생
- 이러한 왜곡은 수집된 자료의 처리나 분석 시에 여러 가지 오차 요인으로 작용하기 때문에 사전에 반드시 보정을 통한 자료의 수정 작업이 필요함
- 이러한 보정 과정을 영상 자료의 전처리 과정(Preprocessing)이라고 함
- 일반적으로 전처리의 대상이 되는 내용에는 여러 가지 것들이 있으며, 이 중에서도 영상 자료의 절대위치에 차이를 나타내는 기하학적 휘어짐이 가장 큰 부분을 차지함
- 기하학적 휘어짐은 영상 내 각 점의 위치 변동을 의미하며, 이렇게 휘어진 영상을 평면 위에 존재하는 기존의 지형도와 중첩시키기 위해서는 인공위성 영상에 나타나는 각 점의 위치를 지형도와 같은 크기와 투영 값을 갖도록 변환해주는 과정이 반드시 필요
- 이와 같은 과정을 기하보정(Geometric Correction)이라고 하며, 이러한 과정을 거쳐야만 우리가 지도를 통해 흔히 보는 형태의 안정된 영상을 얻을 수 있음
- 이러한 오차를 보정하는 방법으로 지상기준점(GCP : Ground Control Point) 보정 방법이 많이 사용됨

가. 위성영상 기하보정

- 위성영상의 보정은 그 정확도에 따라 연구 결과에 매우 큰 오차를 발생시킴으로서 보정 정확도는 매우 중요한 부분임
- 위성영상을 보다 정확하게 보정하기 위해 센서의 자세와 지형기록에 의해 생기는 변위를 제거하기 위한 방법으로 정사보정 방법을 진행함이 일

반적임

- 그러나 본 연구에서는 영상 배포처에서 이미 1차 보정된바 있는 1G Level의 KOMPSAT-2 영상을 원시자료로 활용하였으므로, 기하보정 작업만을 실시하여 사용함

(1) 참조자료에 따른 정확도 비교

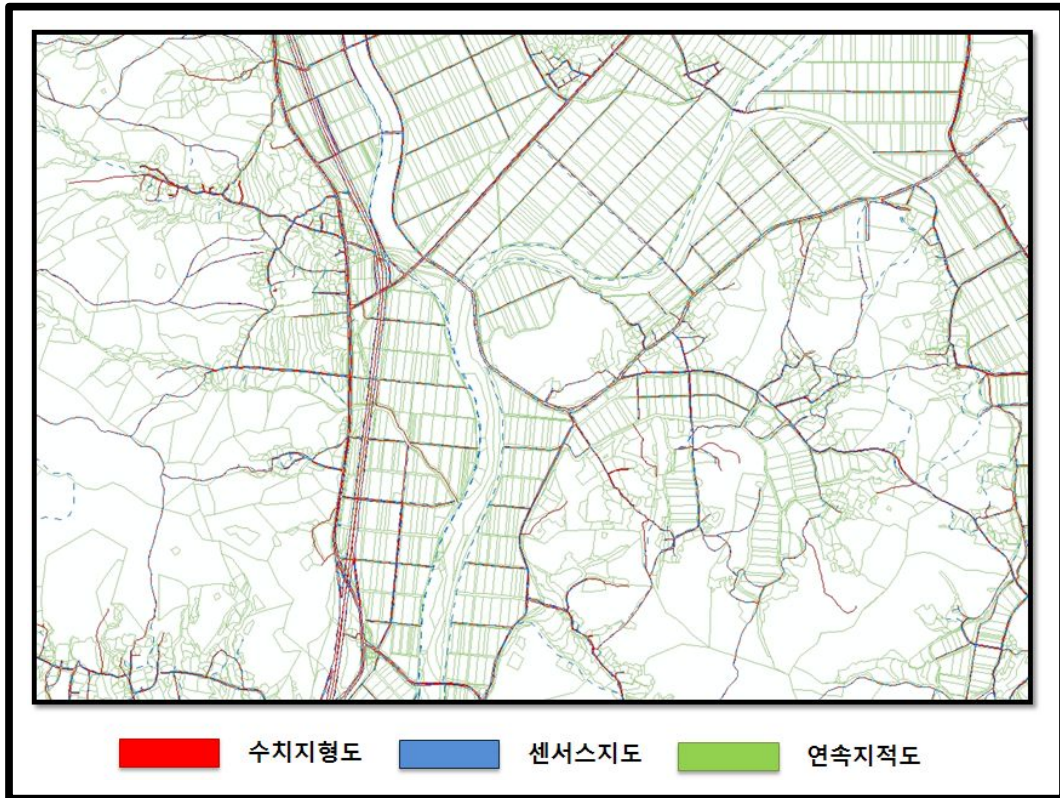
- 지상기준점은 기하보정 과정의 입력 데이터로 사용되어 위성영상의 위치 정확도를 향상시키는 중요한 자료임
- 따라서 일반적으로 사용되는 지상기준점 자료는 측량 및 고시성과물 이거나, 이를 바탕으로 성과심사를 거쳐 생성된 지도 자료를 사용함
- 본 연구에서는 수치지형도를 이외에 통계청 내에서 보유하고 있는 자료의 활용성 판단을 위하여 지상기준점을 선정할 수 있는 자료를 확인하였고, 통계청에서 제작한 센서스지도 및 토지공사에서 통합 관리하고 있는 연속지적도를 수치지형도와 비교하여 타당성을 검증하였음
- 정확도 비교는 동일 대상지역에 대해 원시 자료의 좌표정보를 확인 후 국토지리정보원의 고시자료를 바탕으로 동일 기준의 타원체로 변환작업 후 각각의 자료를 비교하였음
- 자료의 정보는 <표 8>과 같음

<표 8> 참조자료 분석 및 변환방법

구분	수치지형도	센서스지도	연속지적도	
축척	1/5,000	-	다양	
원시자료 좌표정보	측지기준계	세계측지계	한국측지계	
	타원체	GRS 1980	Bessel 1841	
	데이텀	ITRF 2000	Korean 1985 (TokyoD)	
	투영법	TM	TM	
	투영원점	125/127/129/제주 38	127(중부원점) 38	125/127/129/제주 38(10.405"보정)
	투영원점 가산점	False Easting 200,000m False Northing 500,000m	False Easting 200,000m False Northing 500,000m	False Easting 200,000m False Northing 500,000m
	축척계수	1	1	1
제작기관	국토지리정보원	통계청	국토해양부 토지공사 통합관리	
제작시기	2003	2007	2008년 3월	
구축방법	고시됨	-	고시됨	
성과심사	완료 후 판매	-	-	
입수기관	구매	통계청지리정보과	통계청지리정보과	
변환작업	국토지리정보원 7-parameter 변환 에 의한 고시방법을 통해 TM Bessel 1841 로 변환하여 사용	구축 지침서에 명시된 좌표계인 TM Bessel 1841 사용	원시자료의 좌표계인 TM Bessel 1841 그대로 사용	

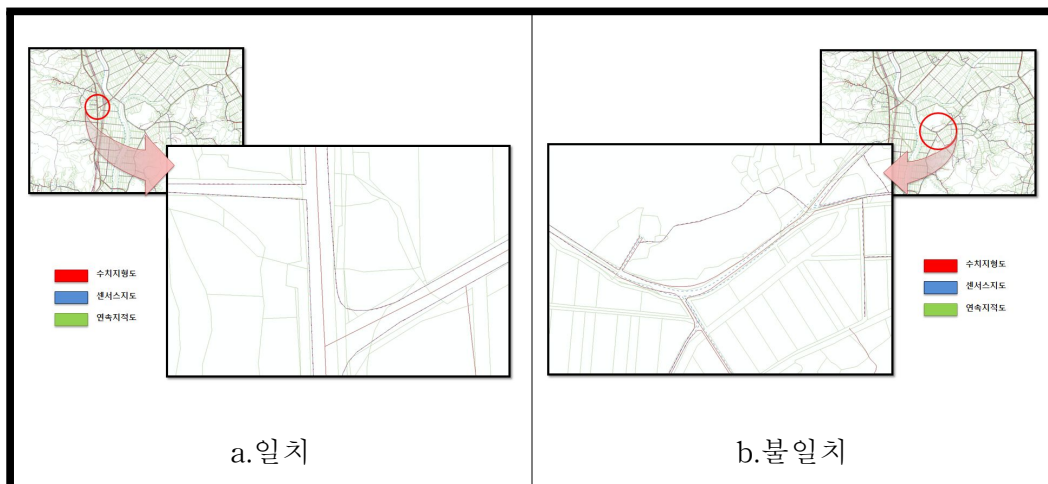
○ 지도자료 형태 비교

- 수치지형도와 센서스지도의 경우 전체적인 형태는 비슷하나, 부분적으로 형태가 변하거나 세부 도로가 추가된 지역이 존재함
- 지적도의 경우 두 지도와 전혀 다른 형태임



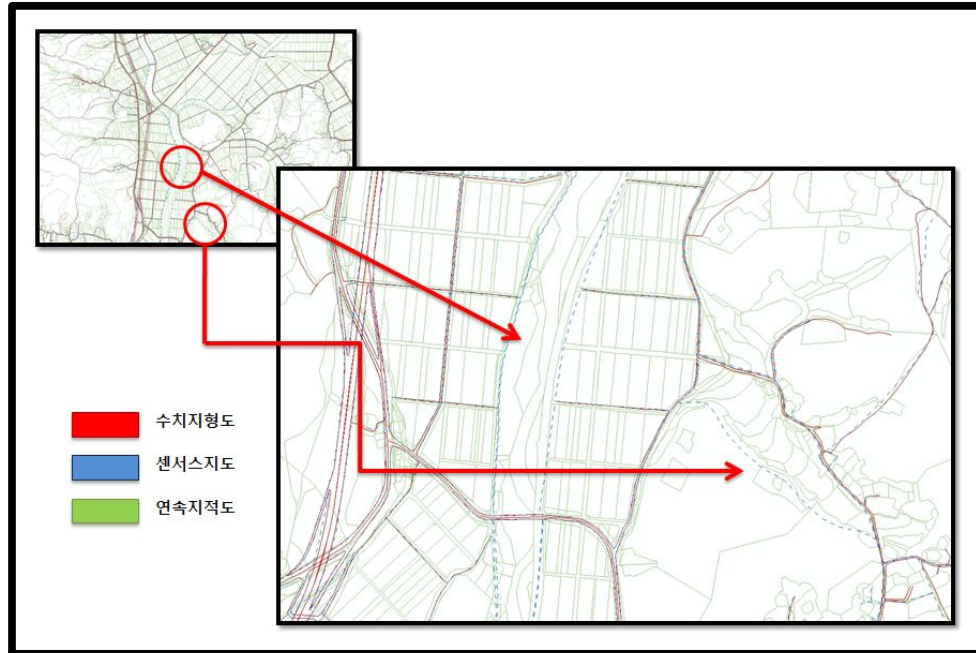
<그림 41> 참조자료별 형태 비교

- 두 지도(수치지형도와 센서스지도) 사이의 형태가 일치하는 지역 및 불
일치하는 지역의 예



<그림 42> 두 지형도 정보가 일치하는 지역과 불일치 지역

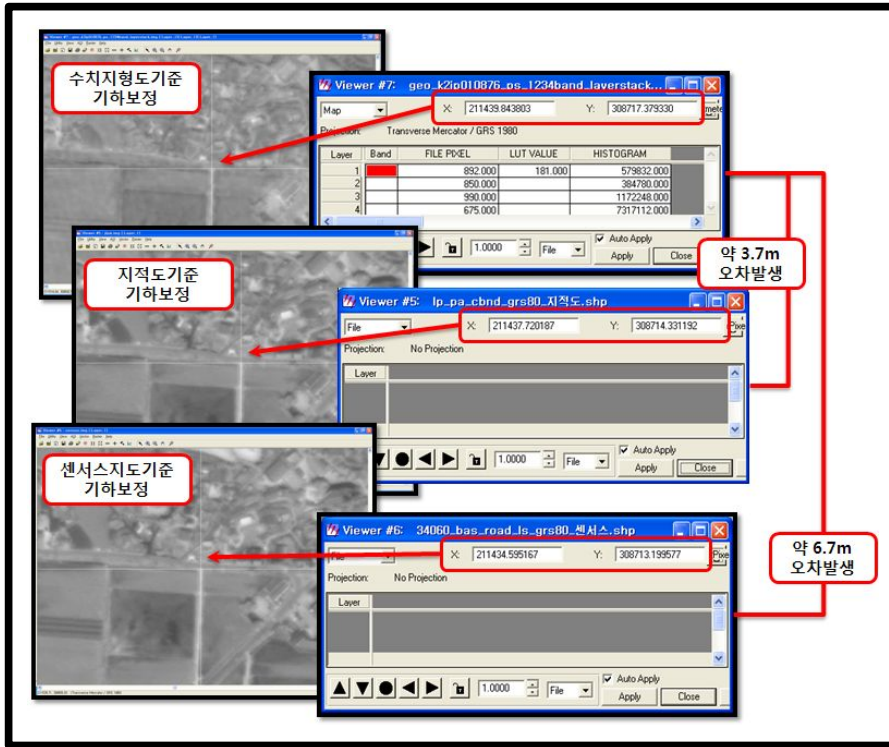
- 수치지형도에 비해 센서스지도에 도로가 추가된 지역의 예



<그림 43> 센서스지도에 도로가 추가된 경우

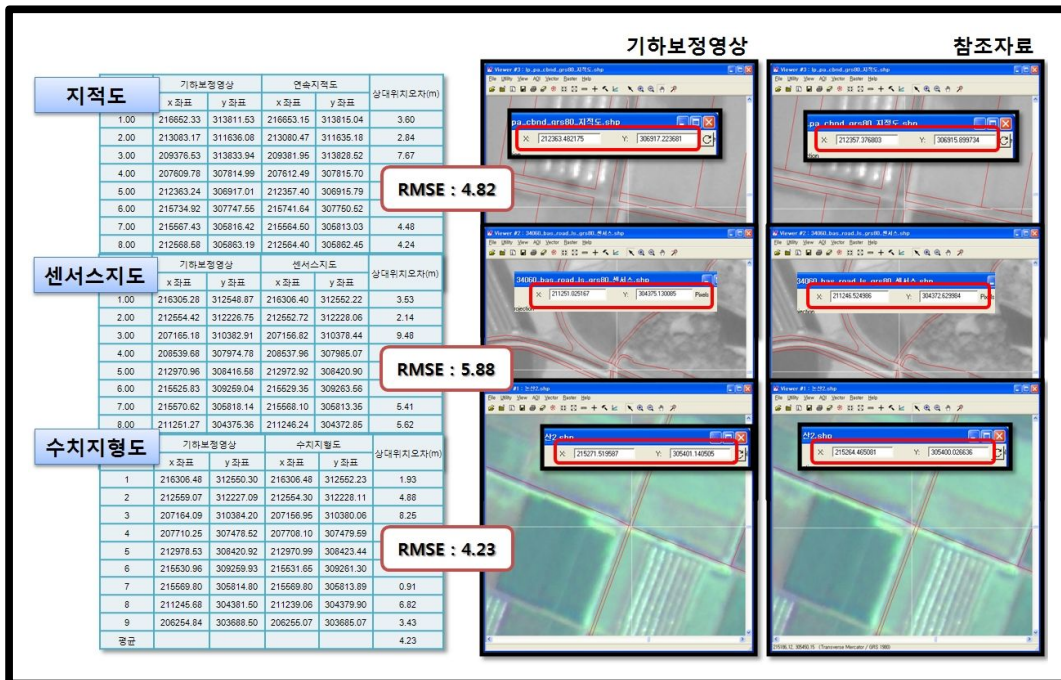
○ 참조자료별 기하보정 정확도 비교

- 수치지형도를 기준으로 센서스지도와 연속지적도를 비교하였음
- 평균적으로 센서스 지도를 참조자료로 하여 보정된 결과의 RMSE가 크게 나타남
- 연속지적도를 참조자료로 사용하여 보정한 영상의 경우 수치지형도를 기준으로 보정한 영상의 동일 위치에 비해 약 3.7m, 센서스지도를 참조자료로 사용하여 보정한 영상의 경우 약 6.7m 오차가 발생하며, 연속지적도를 사용하여 보정한 영상과 센서스지도를 사용하여 보정한 영상 사이에는 약 3.3m 오차가 발생하는 것으로 나타남



<그림 44> 수치지형도 기준 참조자료에 따른 위치 변화

○ 다음은 참조자료별 위치오차를 나타낸다.



<그림 45> 참조자료별 위치정확도 비교

(2) 기하보정작업

- 본 연구에서는 1G Level의 KOMPSAT-2 영상을 원시자료 사용함
- 1G Level 의 자료의 경우 위성영상 배포처는 한차례 기하보정 작업을 거쳐 제공하고 있으나, 제품에 대한 품질수준이나 위치정확도 등이 명확하게 검증되어 있지 않아 본 사업에서는 참조자료를 활용하여 위치보정 작업을 재차 수행하여 활용하였음
- 위성영상 기하보정 최종 성과물의 좌표계는 GRS80 회전타원체를 사용하였으며, 좌표의 전개는 평면직각좌표계에 의한 횡단메르카토르(Transverse Mercator) 도법으로 하며, 축척계수는 1.0000, 좌표의 단위는 m로 사용하였음
- 평면직각좌표계의 원점은 북위 38도, 동경 127도인 중부원점을 사용하였으며, 투영원점 값은 False Easting: 200,000m, False Northing: 500,000m으로 사용하였음
- 기하보정 작업 시 지상기준점 선정을 위한 자료로는 국토지리정보원에서 제작 발행하는 1/5,000 수치지형도를 구매하여 사용함
- 그러나 사업대상지인 김포, 김제, 연기 세 지역 중 김포시의 경우 국토지리정보원에서 제작 발행하는 1/5,000 수치지형도의 미제작 지역으로 일부분에 한하여 제공하고 있음
- 따라서 김포시의 수치지형도가 부족한 부분에 한하여 KLIS 지형도를 참조자료로 활용하였음
- KLIS 지형도의 경우, 국토지리정보원에서 제작된 1/5,000 수치지형도가 제작된 지역과 비교 결과 일치하는 부분이 매우 많으나, 제작시기가 90년대 중반으로 변경된 지역에 대한 정보를 반영하지 못하고 있음
- 지상기준점 선정방안

- 1/5,000 수치지형도를 이용하여 제작한 Reference map과 위성영상과 동일한 위치를 찾아 지상기준점을 선정
- 도로교차점의 중심, 경지계 교차점의 중심, 인공구조물의 모서리 등을 지상기준점 선정 대상으로 함
- 각 지상기준점 x, y의 Residual이 2~3픽셀 범위 이내에서 선정되도록 함
- 지상기준점 선정은 영상 전체영역에서 고르게 분포하여야 하며, 최소 12점 이상 선정 하도록 함

○ 기하보정 작업 과정



<그림 46> 기하보정 작업과정

- 위치 정확도 검증은 기하보정 완료된 KOMPSAT-2 위성영상과 참조자료로 사용한 수치지형도를 중첩하여 확인하였음
- <표 9>는 대상지역의 지역별 위치정확도를 나타내는 표임

- 1G Level KOMPSAT-2 영상의 기하보정에 따른 위치 정확도(RMSE)는 평지의 경우 김포시가 1.20, 김제시가 2.91, 연기군이 4.26로 일률적으로 낮은 편이나, 산지의 경우 평균 6.17로 평지의 평균 RMSE인 2.79에 비해 오차가 매우 크게 나타남
- 김포시의 경우 산지로 분류된 경우에도 낮은 구릉지에 속하는 경우가 대부분이기 때문에 전체적인 RMSE가 낮게 나타나는 현상을 보임
- 이에 반해 연기군의 경우에는 평지의 경우에도 대부분이 산지에 속하기 때문에 전체적인 RMSE가 큰 경향을 보임

<표 9> 대상지역의 기하보정 정확도

대상지역	평지 RMSE	산지역 RMSE	평균 RMSE
김포시	1.20	4.00	2.59
연기군	4.26	9.40	6.83
김제시	2.91	5.12	4.02
평균	2.79	6.17	4.48

- 기하보정 전후 KOMPSAT-2 영상과 수치지형도를 중첩하여 표현한 그림으로, 보정 전 영상은 위성영상과 수치지형도와의 오차가 매우 큰 것으로 보이나 보정 후 1G 영상은 비교적 잘 맞는 것으로 보임





<그림 47> 기하보정 전후 KOMPSAT-2 영상 비교

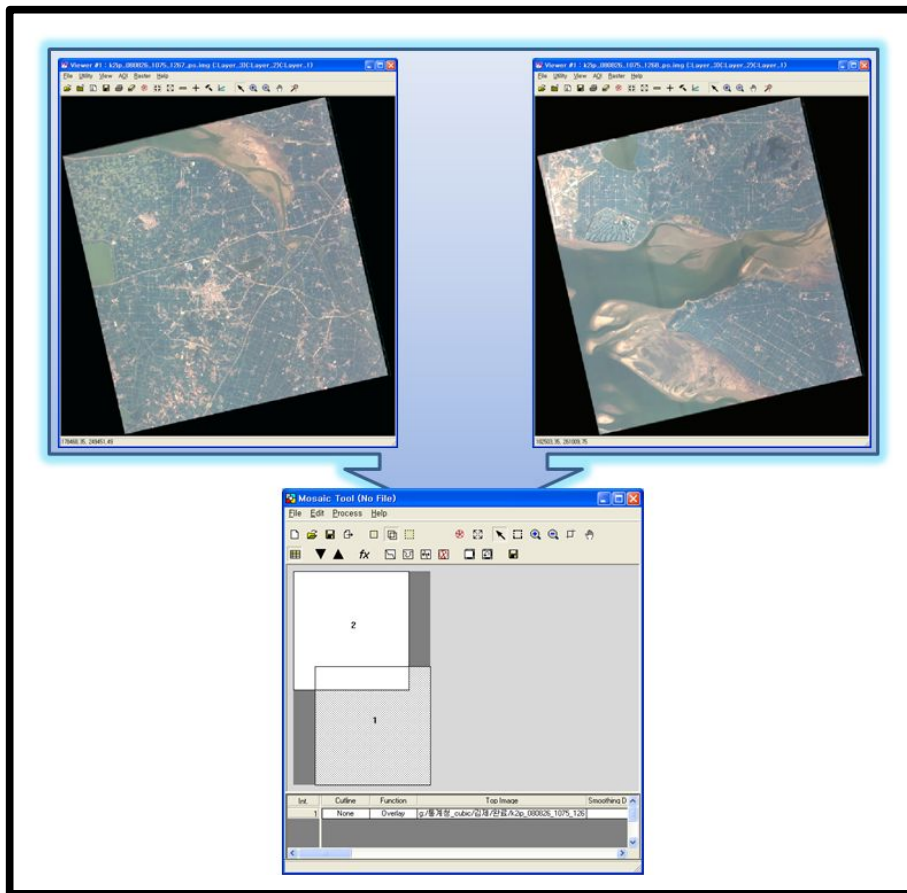
나. 분류작업을 위한 영상 전처리

(1) 위성영상 Mosaic

○ 위성영상을 통한 분류 작업의 용이함을 위해 같은 일자별로 영상 Mosaic 작업 실행

- ERDAS의 Mosaic Tool을 사용

- 같은 일자에 촬영 된 기하보정 영상을 열어 Set Mode for
- Intersections 버튼  클릭 후 Automatically Generate Cutlines
- for Intersections  을 실행하여 Mosaic 함



<그림 48> Mosaic 작업과정



<그림 49> Mosaic 결과

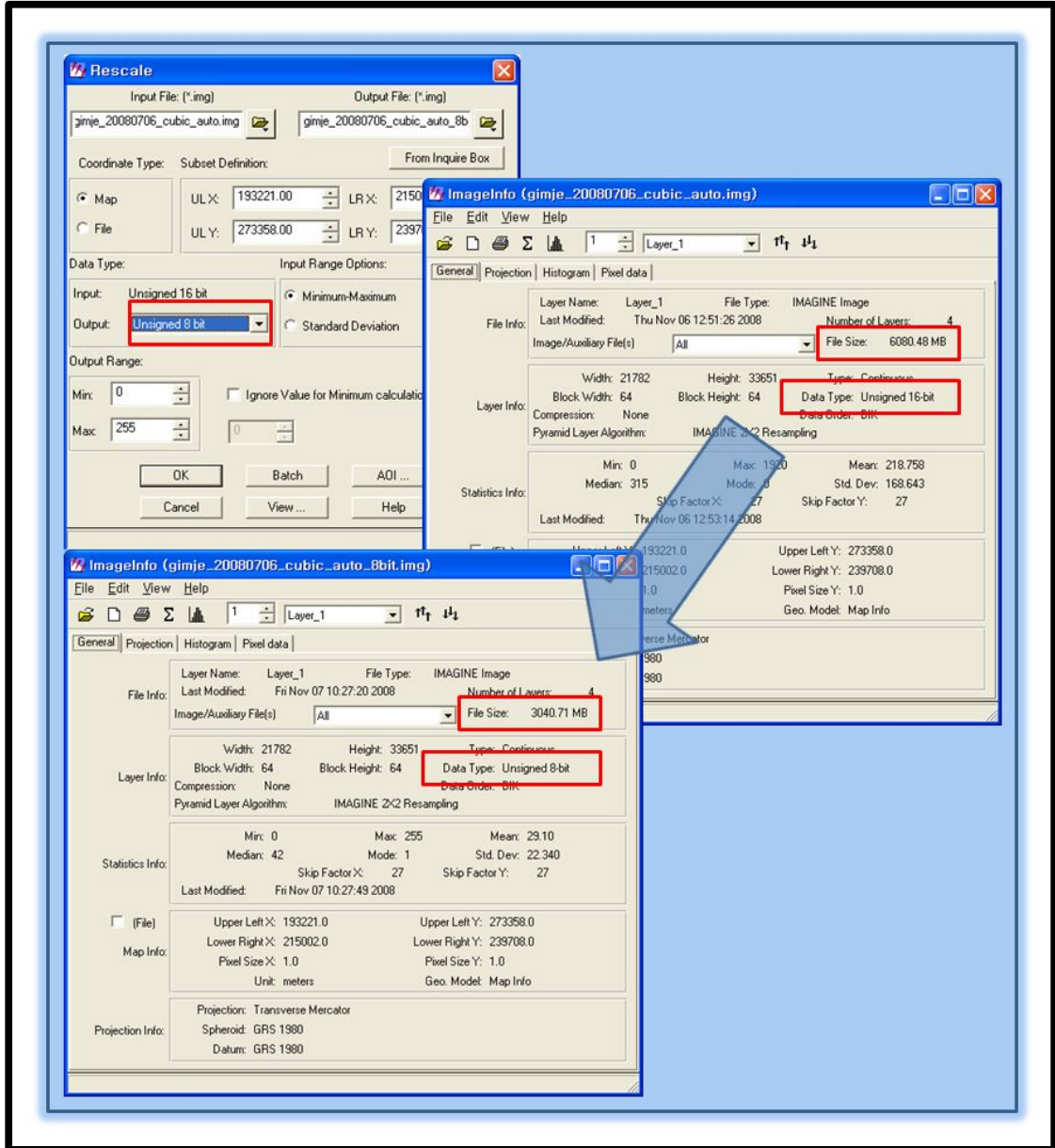
- 분류 대상 지역을 커버하는 가장 최근 영상을 Mosaic하고 완료 영상의 Cutline 부분의 이상 유무를 체크
 - 영상의 인접이 정확하지 않을 시 영상이 어긋남이 나타나고 확인 후 사용 여부를 판단

(2) 위성영상 Rescale

- Mosaic 과정을 통해 위성영상의 용량이 배로 늘어나게 되어 영상 분류 작업 시나 영상의 복사 등의 작업 시간이 늘어나게 됨
 - 기존 위성영상은 16bit로 되어 있어, Rescale 작업으로 8bit 영상으로 변환함
 - Rescale 작업을 통해 분류 작업 시 속도 향상을 시킬 수 있음

○ ERDAS의 Rescale 메뉴를 선택하여 실행

- Mosaic이 완료 된 영상을 불러들여 Data Type 항목 중 Output 항목을 Unsigned 8bit로 설정 후 OK 버튼을 눌러 Rescale 함



<그림 50> Rescale을 통한 bit수와 용량의 변화

4. 위성영상분류

가. 화소기반 영상분류

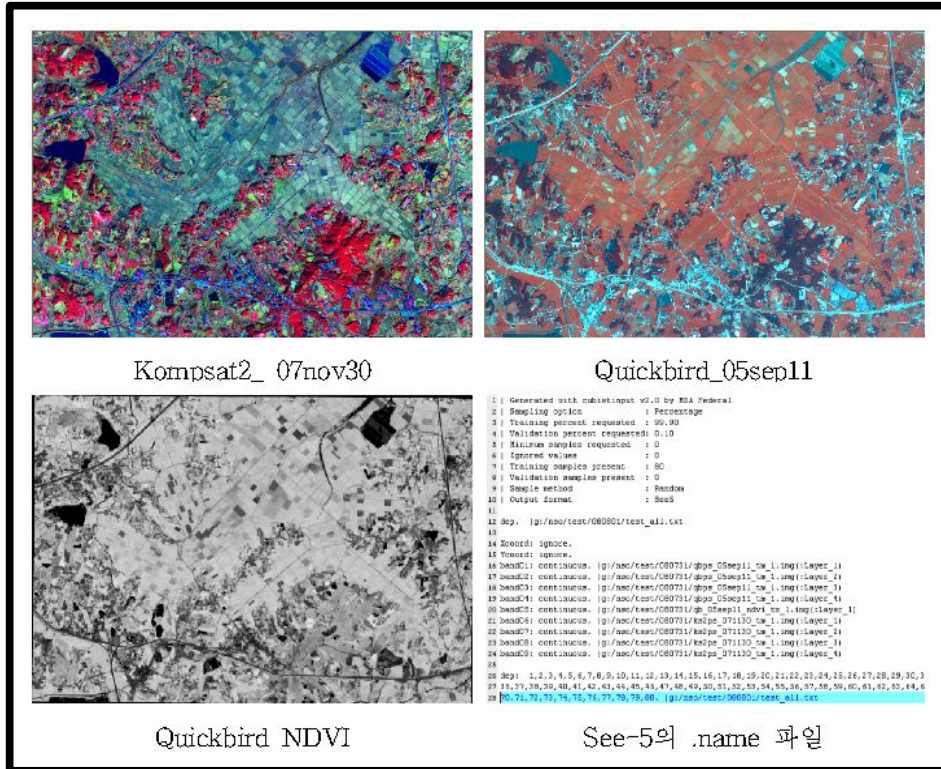
(1) 개요

- 농업의 이용형태가 매우 다양하기 때문에 농경지를 위성영상에서 분류하는 것은 매우 어려움. 농업이용의 형태적 특성은 다양하지만 식생이 나타내는 특이한 분광특성(높은 NIR값)을 이용하여 농경지를 구별할 수 있음.
 - 하지만 식생의 분광특성만으로는 농경지의 종류를 나누기는 어려움.
 - 경지총조사를 위한 단위구 생성을 위해서는 경지별 속성으로 이용할 수 있는 정보가 있어야 함. 경지별 속성값을 얻기 위하여 위성영상분류를 실시함.
 - 농경지별 세부 분류항목을 논, 밭, 과수, 시설재배지로 나누고 그 외의 분류항목은 대분류체계인 구조물, 산림, 수역으로 나눔. 초지와 나지는 농경지의 이용으로 중복될 수 있는 항목이므로 분류항목에 넣지 않음.

(2) 화소기반 영상분류를 위한 테스트

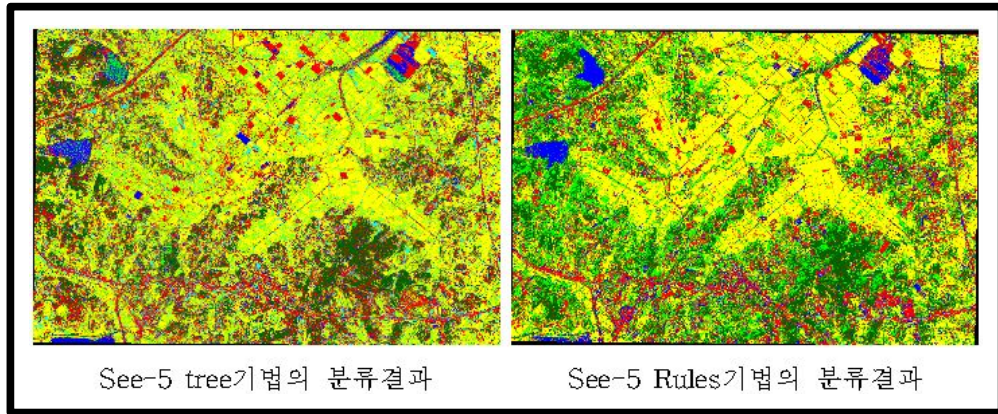
- 미국 NASS의 See-5를 이용한 테스트
 - 미국 NASS의 원격탐사를 이용한 경지총조사 중 위성영상의 분류방법으로 이용되는 Tree Decision 분류를 시행할 수 있는 See-5프로그램을 이용하여 KOMPSAT-2 영상을 분류.
 - See-5 분류는 Input 데이터가 많을수록 분류정확도가 높아지므로 KOMPSAT-2 영상, QUICKBIRD 영상, QUICKBIRD 영상으로 생성된 NDVI 영상 등을 Input 데이터로 이용.
 - Input 데이터의 각각의 밴드는 See-5 프로그램에서 Independent Variables로 이용.
 - See-5 프로그램에서 필요한 Dependent Variables는 현장조사에서 측정된

분류항목 정보를 이용하는 것이나 현재 현장조사로 축적된 정보가 없
 으므로 육안판독으로 정보를 기입



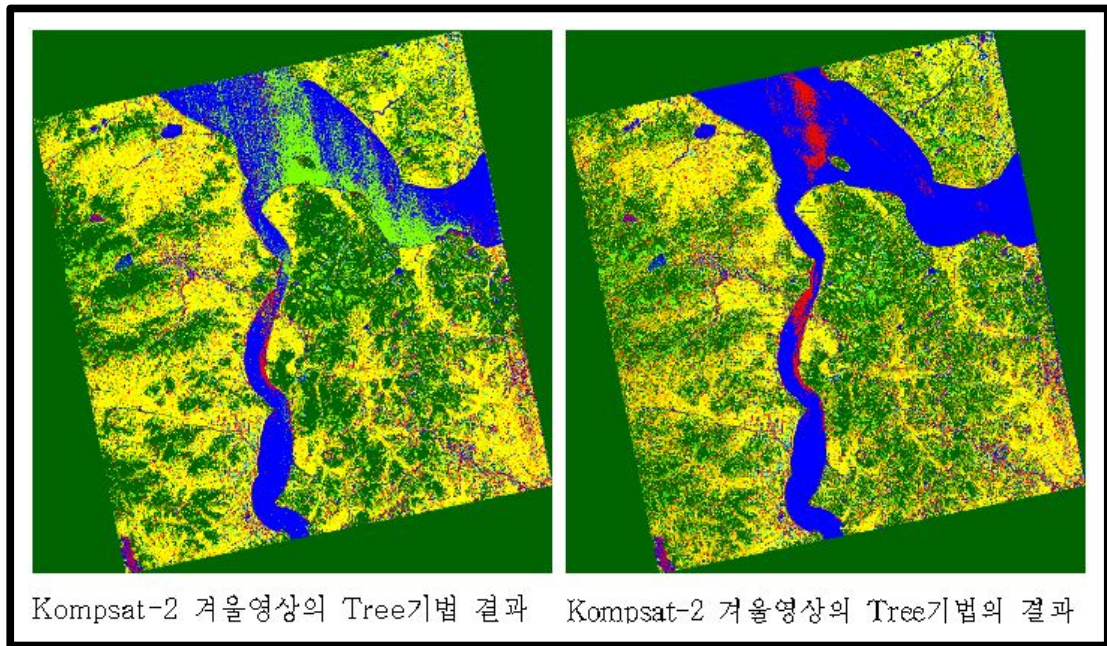
<그림 51> See-5 분석에 이용된 Input 데이터와 See-5의 .name 파일

- See-5 프로그램을 이용한 영상분류결과는 Rules기법과 Tree기법으로 도출 <그림 52>
- 테스트 결과 Tree기법은 추수된 논이 도심지로 분류되었고 구조물과 밭이 과대 분류 되었고 Rules기법은 구조물과 물이 과대 분류됨



<그림 52> 세가지 영상을 이용한 See-5 분석결과

- See-5프로그램을 이용하여 KOMPSAT-2 겨울영상만을 Input 데이터로 이용하여 분류한 결과 식생의 활력이 없는 시기이므로 활엽수림과 논, 밭의 피복이 동일하게 분류되는 오류 발생. 많이 마른 경작지는 시설재배지로 분류되기도 하며 물과 도시구분 어려움 <그림 53>



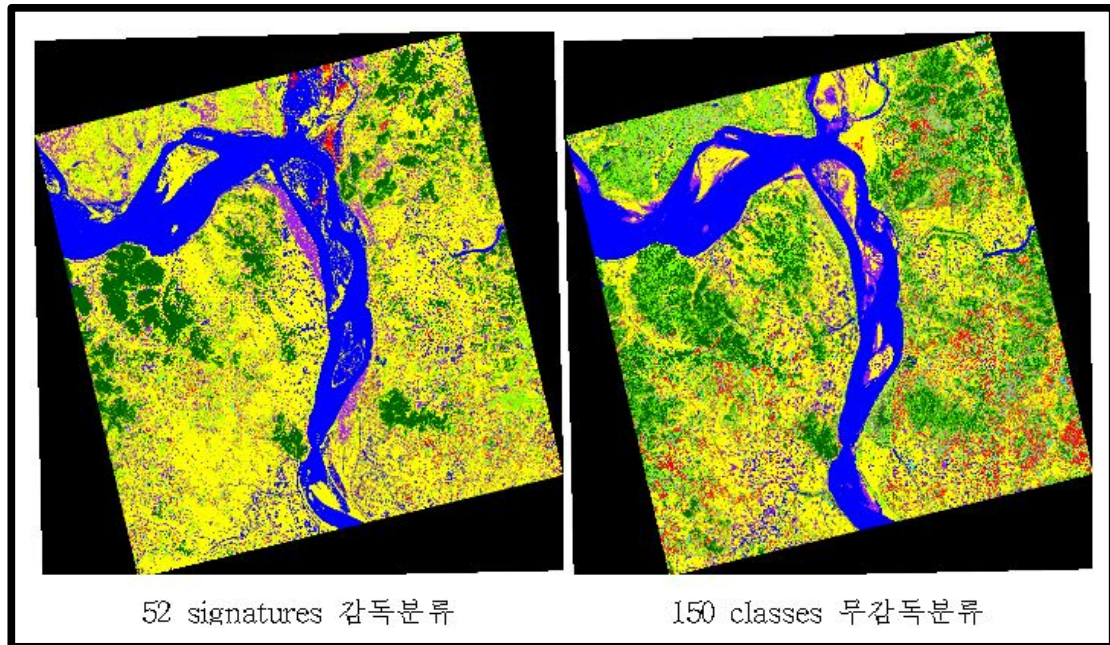
<그림 53> KOMPSAT-2 겨울영상을 이용한 See-5 분석결과

- 미국의 경우 오랜 시간 축적되어온 위성영상과 현장조사 자료를 이용하여 Decision tree 분류를 시행하여 높은 정확도를 산출하지만, 본 연구의 경우 위성영상이 수급이 제한적이고 축적된 현장조사 자료가 부

즉하므로 See-5를 이용한 분류는 적합하지 않다고 판단

○ 감독분류와 무감독분류의 비교

- 식생 활력이 좋아지는 봄 시기의 KOMPSAT-2영상을 이용하여 무감독분류와 감독분류를 시행
- 52개의 훈련지역을 생성한 후 Maximum Likelihood 방법의 감독분류를 실시하였고, 150개의 classes를 생성하는 Isodata clustering 방법의 무감독분류를 실시

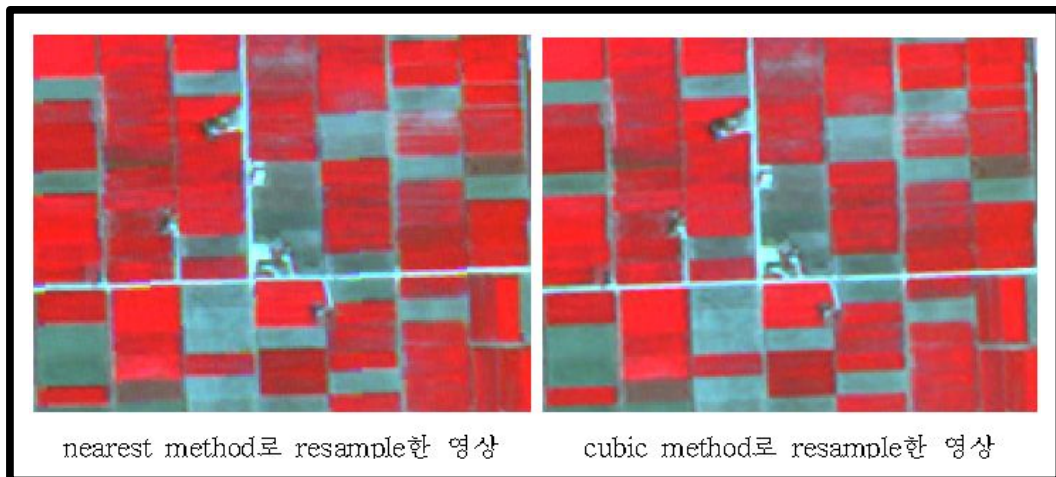


<그림 54> 감독분류와 무감독분류의 결과

- 감독분류의 경우 구조물의 분류가 확연하지 않았으며 물댄 논이 수역으로, 습지가 논으로 오분류 된 경우가 있었으며, 무감독분류의 경우 감독분류와 같이 물댄 논이 수역으로, 습지가 논으로 오분류 된 경우가 있으며 나지와 시설재배지가 구분되지 않았고 밭의 구분이 확연하지 않아 밭과 산림이 구분되지 않음

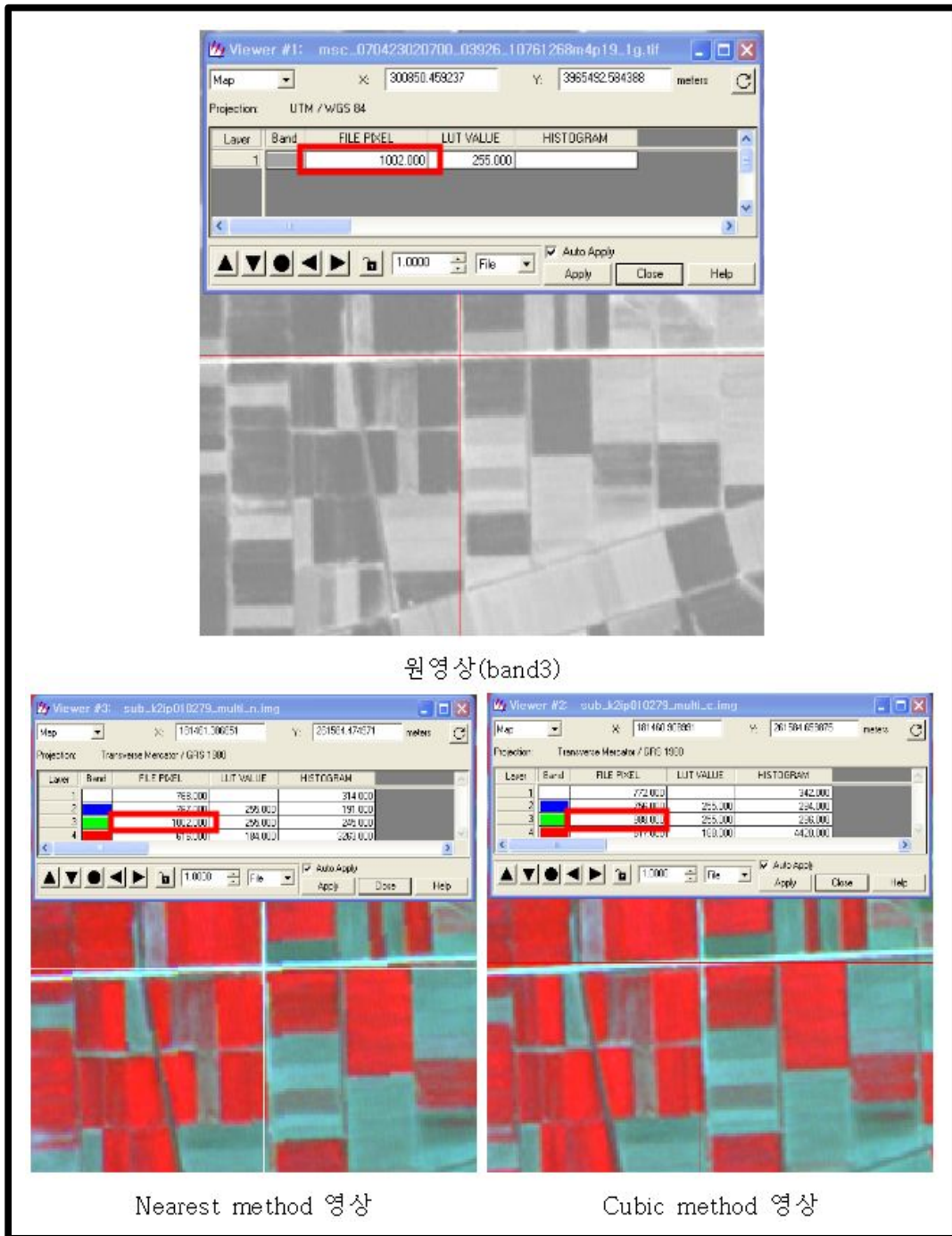
○ Resample method에 따른 분류의 비교

- 아직 물이 대어있지 않은 논과 보리, 밀이 경작되고 있는 KOMPSAT-2 봄영상을 대상으로 Nearest method와 Cubic method의 Resample 방법을 비교
- Resample method 중 nearest는 nearest neighbor interpolation로 지정된 x' , y' 좌표와 가장 가까운 화소값을 x , y 좌표에 할당하는 것이고 cubic은 x' , y' 와 가장 가까운 4×4 개의 화소값을 평면상에 적용하여, 가중거리값을 기초로 새로운 화소값을 계산하는 것.



<그림 55> Resample한 영상(좌:Nearest, 우:Cubic)

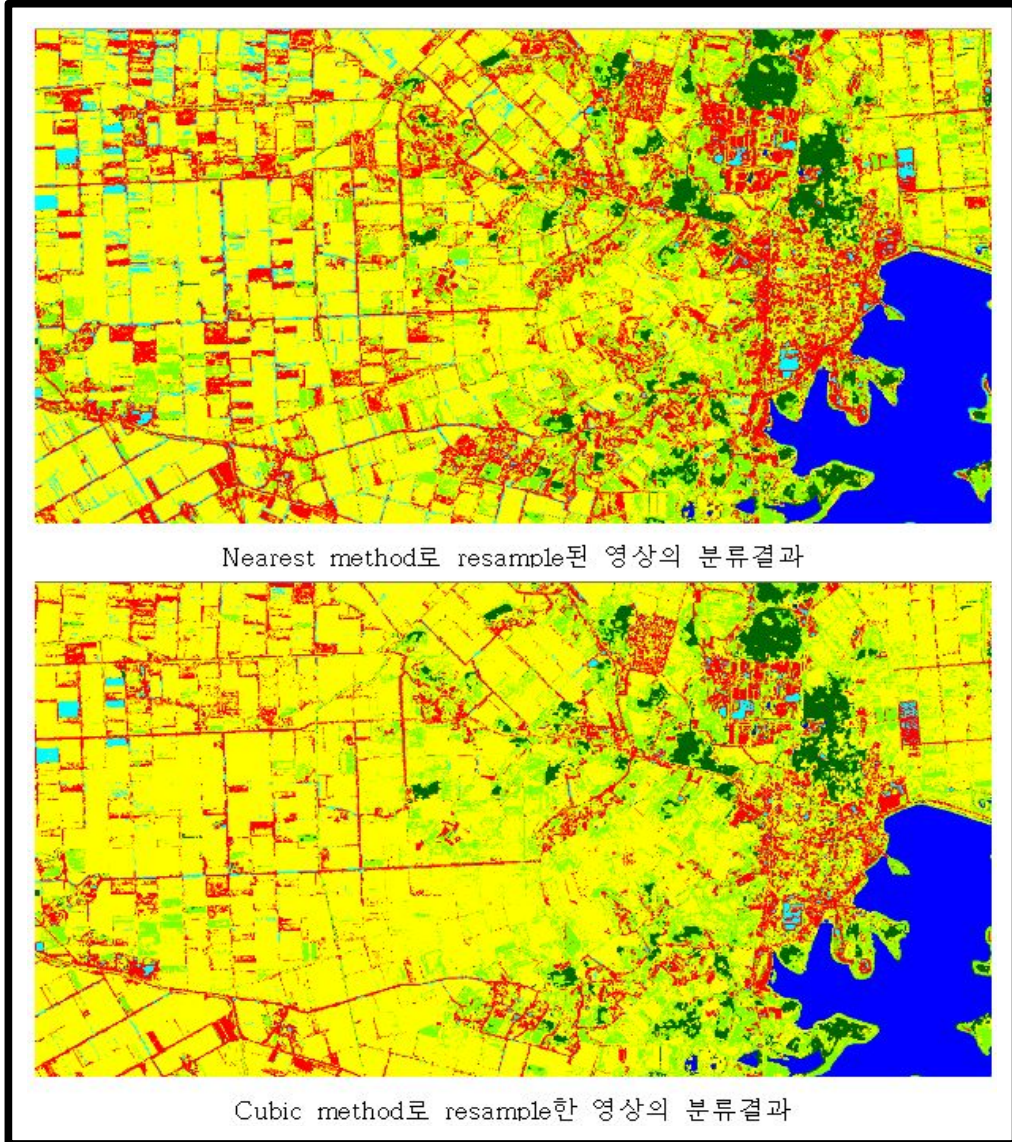
- 두 방법의 뚜렷한 차이는 도로에서 확인할 수 있는데, Nearest method는 Resample 시 가장 가까운 화소값 하나만을 반영한 것이고, Cubic method는 16개의 화소값을 연산하여 반영한 것임
- 화소값은 Nearest method로 Resample된 영상이 원영상과 거의 비슷한 화소값을 가지게 됨



<그림 56> Resample한 영상의 화소값 비교

- 똑같은 지점에 Signature를 생성하여 분류한 후 지적도 폴리곤의 면적 값을 기준으로 비교하였음

- 테스트 지역은 논이 대부분을 차지하고 피복의 변화가 드문 지역이라 지적과 영상과의 지형적 차이가 거의 없는 지역임



<그림 57> Resample method에 따른 분류결과

- 두 영상 분류 모두 구조물이 논지역에 오분류 되었으며 밭 역시 논 지역에 오분류 되었는데 시기상 논과 밭에 모두 식생이 없는 상태라 분류가 명확히 되지 않음
- Nearest 분류영상에서 도로가 구조물 또는 비닐로 분류되어 Cubic 분류영상에서보다 도로의 표시가 선명히 나타남

<표 10> Resample방법에 따른 면적비교

	nearest 면적(m ²)	cubic 면적(m ²)	지적도(m ²)
water	894928	889664	
paddy	6048432	7103072	6412008(답)
forest	450256	443024	642158(임)
manmade	1966160	1282096	
field	1521968	1442672	968895(전)
vinyl	429088	150304	
total	11310832	11310832	11106993

- 면적 값만 비교한다면 지적도의 논면적은 cubic영상보다 nearest영상의 분류 면적에 가까움
- 시설재배지등의 항목은 지적도에 따로 나와 있지 않았고, 구조물의 경우도 도로와 건물 등을 모두 합한 값임
- 훈련지역(Signature)의 화소값을 기준으로 계산되어지는 위성영상의 분류의 경우 원영상의 화소값과 차이가 없어야 정확한 면적이 나올 수 있으므로 화소기반의 분류에서는 Nearest method로 Resample된 영상을 이용

(3) 화소기반 감독분류

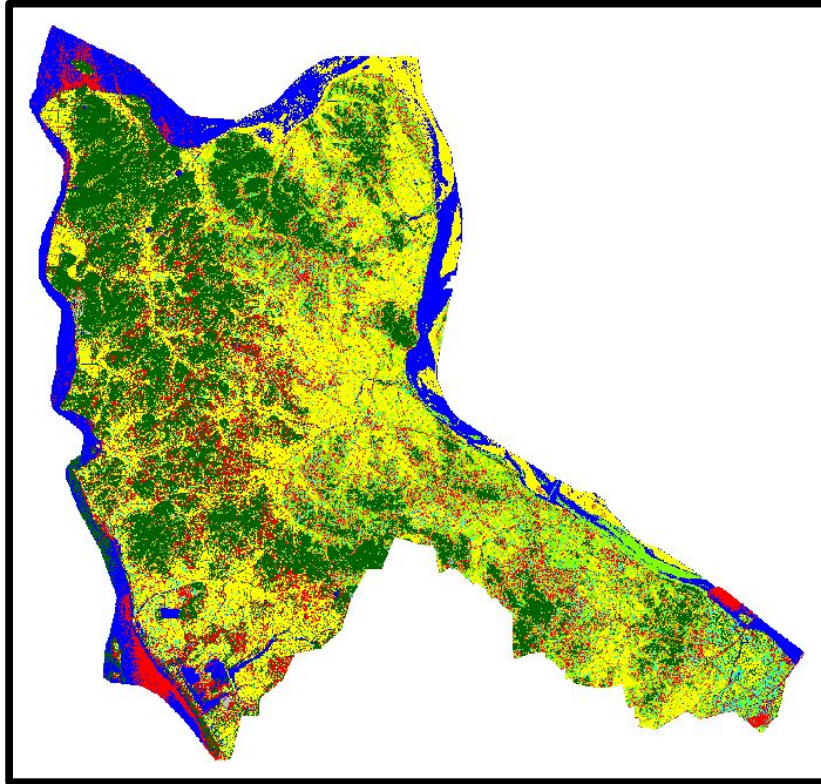
- 위의 모든 테스트의 결과로 Nearest method로 Resample된 Pan-Sharepned KOMPSAT-2 영상을 이용하여 감독분류 방법으로 분류하기로 함
- 감독분류는 두 차례에 걸쳐 실시함. 첫 번째 감독분류는 육안판독만으로 훈련지역(Signature)를 선택하여 감독분류를 실시. 후에 육안판독이 어려운 지역과 피복의 정보 확인이 필요한 지역을 중심으로 현장조사를 실시한 후 두 번째 감독분류를 실시

- 영상분류는 영상(Full Scene)단위로 작업하며 같은 날짜의 같은 path의 영상이 위, 아래로 존재하는 경우 Mosaic을 시행하여 하나의 영상으로 만들
- Signature로 정해지는 훈련지역은 영상에서 균질한 방사특성을 나타내는 지역으로 선정함
- 무감독분류의 방법은 Maximum Likelihood Classifier를 적용
- 농경지는 벼가 생육중인 논, 식생이 생육중이지 않은 논·밭, 물을 댄 논, 비닐을 덮은 인삼, 비닐을 덮은 과수 등 여러 형태로 이용이 됨. 각각의 항목별로 Signature를 선정하여 감독분류 한 후 하나의 항목으로 편집

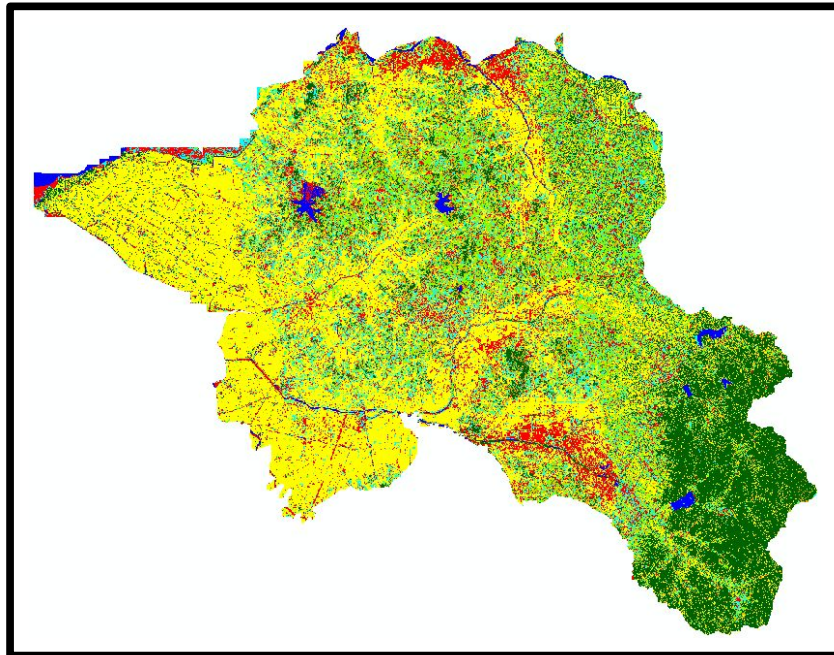
<표 11> 농경지 분류시 개별항목

논	• 벼가 생육중인 논
	• 물을 댄 논
	• 식생이 생육중이지 않은 논(겨울영상)
	• 보리·밀이 생육중인 논(겨울·봄영상)
	• 미나리가 생육중인 논(봄영상)
밭	• 식생이 생육중인 밭
	• 차양이 덮혀져 있는 인삼밭
	• 재배를 준비중인 밭 ->유희지가 아닌 나지의 형태
	• 높이1m 이하의 묘목밭
	• 멀칭된 밭
과수	• 어린 감나무
	• 뽕나무
시설재배지	• 비닐을 덮은 과수
	• 영상에서 비닐로 분류되는것 ->시설안의 이용상태는 고려하지 못함

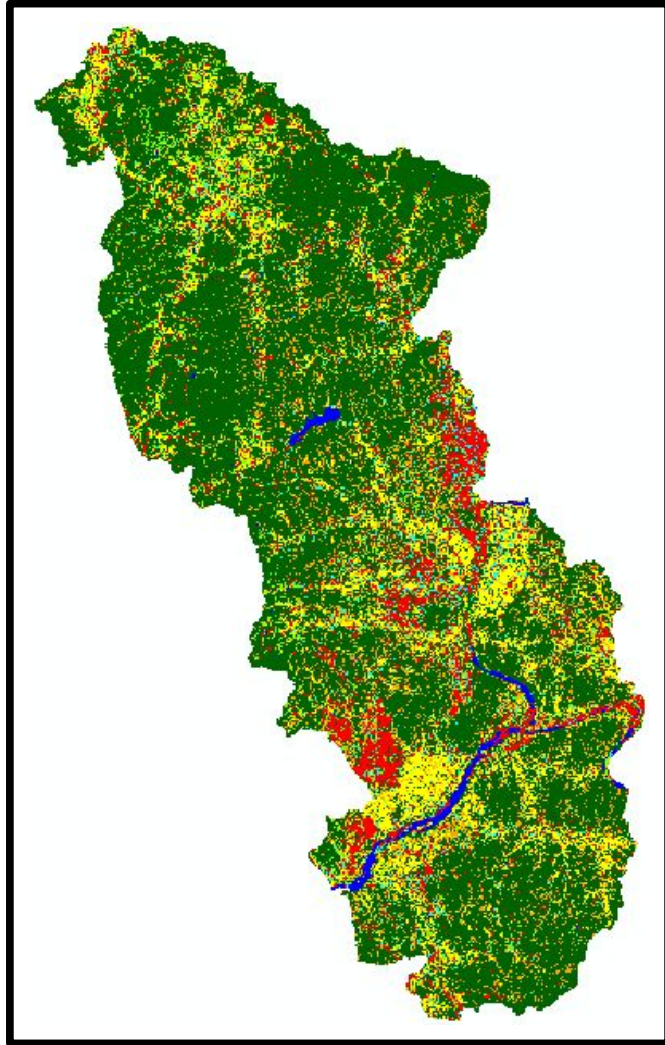
- 지역별 분류된 영상의 종류는 다음 표와 같으며 감독분류가 끝난 분류영상을 모두 병합(Merge)한 후 행정경계로 잘라냄(clip)



<그림 58> 김포시 감독분류영상



<그림 59> 김제시 감독분류영상



<그림 60> 연기군 감독분류영상

나. 객체기반분류

(1) 개요

- 원격탐사를 이용하여 농업 통계 조사를 하는 경우 표본을 추출하기 위한 모집단 생성의 기초 구획 단위가 필요함
- 종래에 사용하고 있는 지적도의 경우 현재의 농경지의 구획 형태 및 구조를 반영하지 못하고 있으며, 최근 구축되고 있는 농경지지도 또한 그 구축 범위가 매우 제한적임

- 또한, 위성영상을 이용한 처리 방법 중 분류 작업은 그동안 화소 기반으로 분류하는 것이 가장 일반적인 방법이었으나, 고해상도 영상의 경우 픽셀 단위의 위성영상 분류 방법에서는 소규모 면적에서도 지피의 유형이 혼합되어(Salt and Pepper) 필지 분석에 오류가 발생하는 문제를 야기함
- 따라서, 경작지의 면적이 작고, 계절별 다른 작물을 생산하는 우리나라의 작물 재배 특성을 고려해볼 때, 보다 정확한 경지면적 통계의 작성을 위해서는 다양하고 광범위한 정보를 수집하여 이를 정량화·정성화 할 수 있는 필지 구획 및 관리 단위의 새로운 과학적인 방법제시가 필요 함

(2) Object-Based Segmentation 원리

- Segment는 픽셀 단위의 분류가 지니는 문제점을 해결하기 위해 일정 값을 기준으로 하여 유사한 픽셀들을 하나의 폴리곤으로 묶어서 같은 속성을 지닌 개체로 만드는 것을 말함
- Object-Based 분류의 알고리즘은 하나의 화소 객체를 가지고 영역을 확장하는(region-Growing) 기술로 분광의 유사성, 질감, 거리, 간격사이의 유사성에 기반하여 영역을 설정함
- Segment생성원리는 주변픽셀을 하나씩 추가해가며 segment의 color 와 shape 값을 계산하여 이 값이 scale parameter값을 넘어서게 되면 하나의 segment를 완성하고 다른 segment의 생성을 시작하는 원리임
- 결국 segmentation 과정에서 생성되는 segment는 유사한 color value를 갖는 픽셀들의 모임이 될 것이며 segment의 모양은 shape criteria에 따라 좀 더 원형에 가까운 모양이 될 수도 있을 것이고 더 불규칙한 모양을 나타낼 수도 있음
- 본 연구에서 Image segment 생성에 사용된 소프트웨어는 Definienc image사의 Developer7 이라는 프로그램으로 이 프로그램에서는 사용자가 설정한 변수에 따라 image segment를 생성할 수 있음

- Segment를 생성하는 기준은 image object에 대한 이질성(heterogeneity)으로 color와 shape에 대한 이질성으로 구분되어 segment를 생성
- Color에 대한 평가는 각 image object의 분광값에 대한 표준편차로 나타내어지며, shape에 대한 평가는 생성되는 폴리곤의 모양에 대하여 compactness와 smoothness에 의해 나타냄
- Color에 대한 이질성 hcolor은 다음의 식으로 표현됨

$$hcolor = \sum_c w_c (n_{merge} \cdot \sigma_c^{merge} - (n_{obj1} \cdot \sigma_c^{obj1} + n_{obj2} \cdot \sigma_c^{obj2}))$$

w_c : color에 대한 가중치, n_{obj} : object의 크기

σ_c : 각 밴드에서의 표준편차

- Shape에 대한 criteria는 다음의 식으로 표현됨

$$hshape = w_{compact} \cdot h_{compact} + (1 - w_{compact}) \cdot h_{smooth}$$

- Compactness와 smoothness는 다음과 같이 표현됨

$$hsmooth = \frac{L}{B}, hcompact = \frac{L}{\sqrt{N}}$$

B:최외각 사각형의 둘레, L:외곽선 둘레 길이, N:픽셀의 개수

- Compactness는 생성되는 segment의 형태가 얼마나 원형에 가깝게 생성되는지를 결정해주는 변수이며, smoothness는 segment 생성시 외곽선이 얼마나 직선에 가깝게 생성되는지를 결정하는 변수임

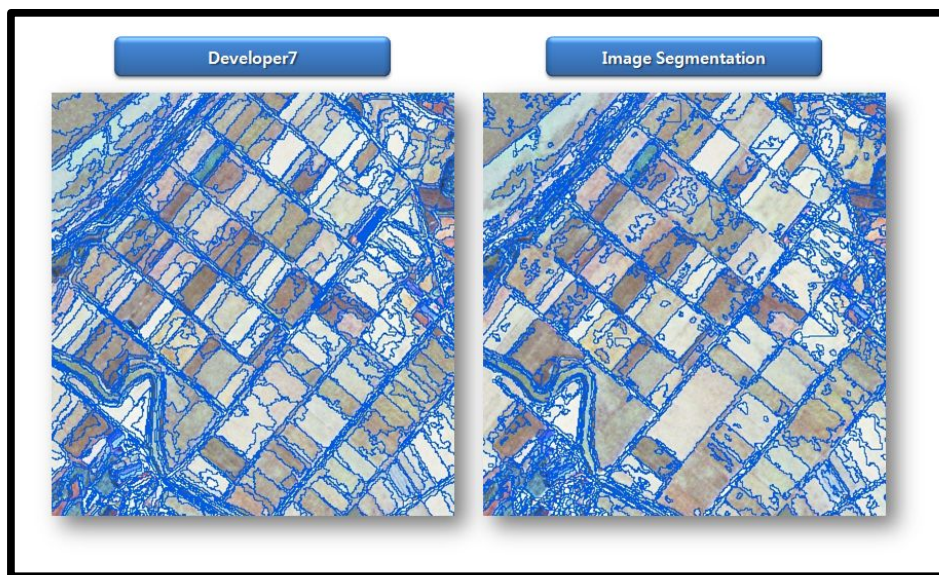
(3) 프로그램 현황

- 원격탐사를 이용하여 농업 통계 조사를 하기 위한 모집단 생성의 기초 구획 단위가 필요함
- 픽셀 분류 방식을 보완할 수 있는 Region growing 방식의 분류 방법을 모색하였음
- <표 12>는 Region growing 분류 방식을 지원하는 프로그램을 나타냄

<표 12> Region growing 방식을 지원하는 프로그램 비교

Tools	프로그램	개발처	알고리즘	Calculated time	Input Format	Output /vector	비고
ERDAS Imagine	Image Segmentation	USDA Forest Service, Remote Sensing Applications Center	Region growing	Long	Img	Arc - Coverage	- Input 사이즈에 따라 변동되는 경향을 보임 - 알고리즘에 대한 확인 자료 찾기 어려움
Definiens Understand Images	Developer7	Definiens Imaging GmbH	Region growing	A few minutes	Raster, shape	shape	- 자료의 영역과 상관없이 동일한 결과 도출
SPRING	SPRING 4.0	The Brazilian government, National Institute for Space Research	Region growing/ Watershed	Several hours	자체포맷	벡터 지원 안함	

- 본 테스트 과정에서는 Leica 사의 Imagine Segmentation과 Definiens image사의 Developer7 프로그램에 대해서만 확인할 수 있었음
- 테스트 과정에서 Leica 사의 Imagine Segmentation의 경우 ERDAS 9.3에서부터 정식 모듈로 포함된다는 것을 확인 할 수 있었음
- 본 테스트 과정에서는 UDSA Forest Service Remote Sensing Applications Center에서 개발한 Ver.8.7 기반의 Imagine Segmentation 프로그램을 사용하였음
- 다음은 두 개의 프로그램에서 생성된 객체기반 분류 결과를 나타낸다.

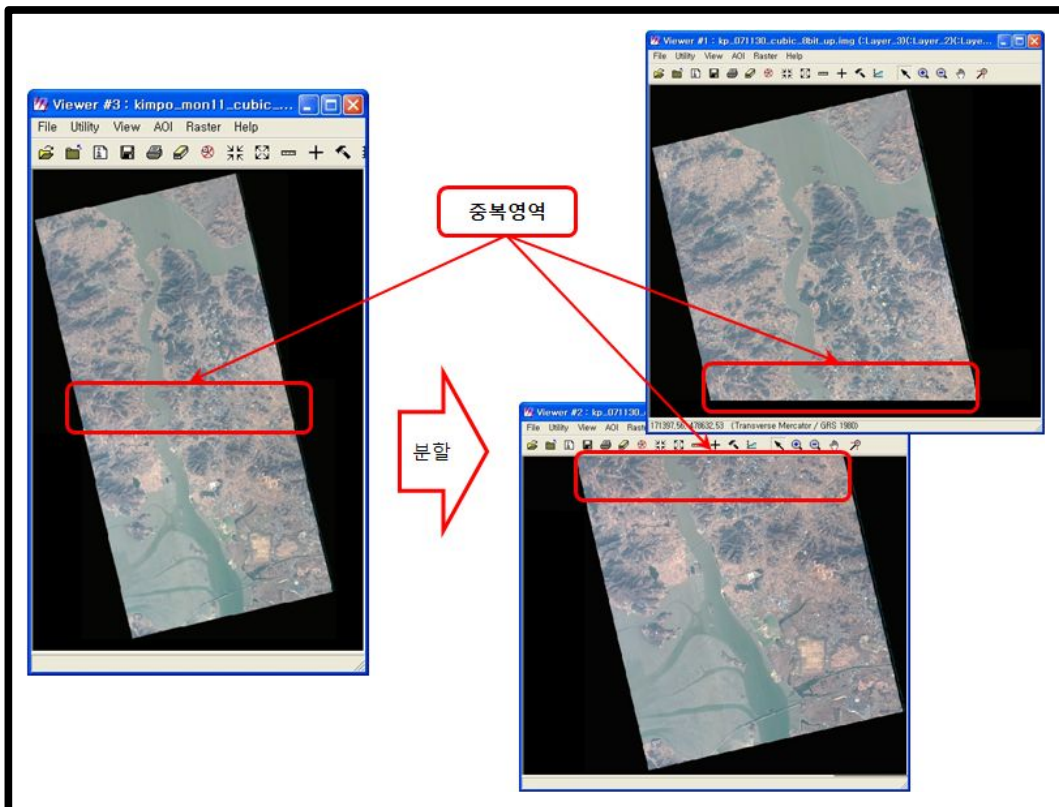


<그림 61> 기하보정 전후 KOMPSAT-2 영상 비교

(4) 객체 기반 분류 영상 생성 방법

○ 위성영상 분할

- Software에서 지원 가능한 영상의 사이즈는 약 10,000 X 10,000 pixel 임
- 그러나 테스트 과정에서 Scale 변화에 따라 분석 가능한 범위가 있으므로 작업의 효율성 및 일관성을 위해 최종 모자이크 된 영상을 KOMPSAT-2 1Scene에 해당하는 영역만큼씩 분할하여 사용하였음
- 위성영상을 분할하는 경우 촬영일이 동일한 영상의 경우 중복을 두어 객체기반 분류 결과의 편집 작업에 문제가 없도록 함



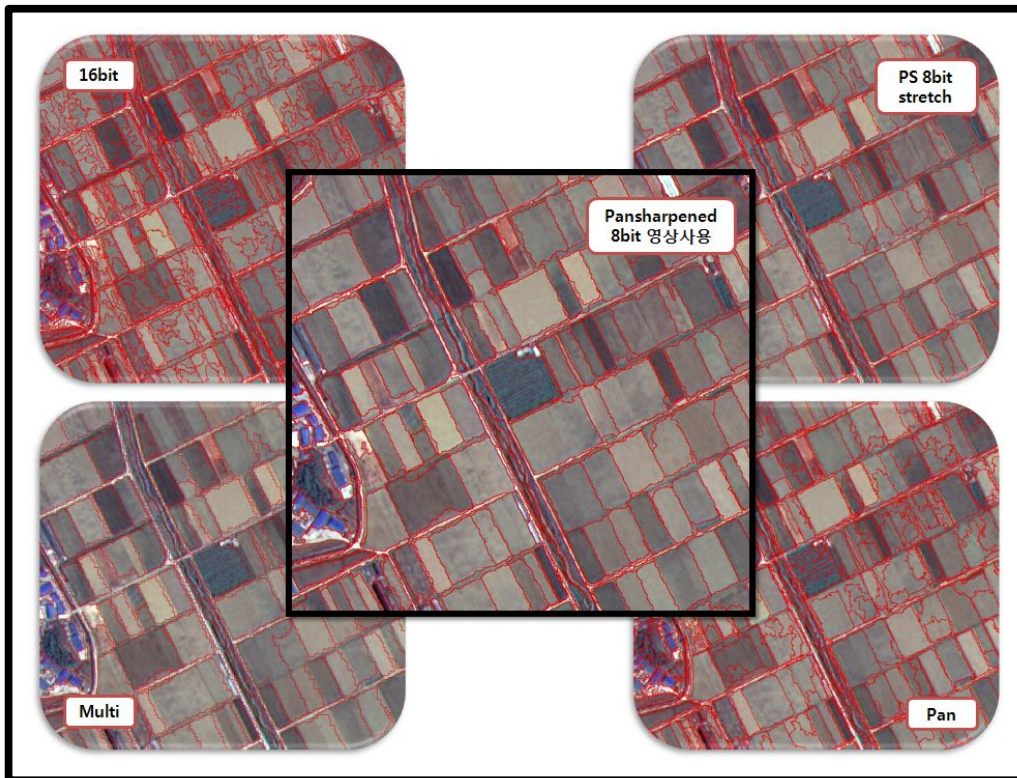
<그림 62> 객체기반분류를 위한 영상 분할

○ Input 자료 변화에 따른 Segmentation 테스트

- 본 연구 목적에 맞는 객체분류 결과를 도출하기 위해 Input 자료에 대

한 검증을 실시하였음

- 검증한 항목으로는 16bit KOMPSAT-2 영상, 8bit로 Rescale 된 영상, 8bit로 Rescale 후 Multi(resolution 4M 칼라), Pan(resolution 1m 흑백) 등을 사용하였음

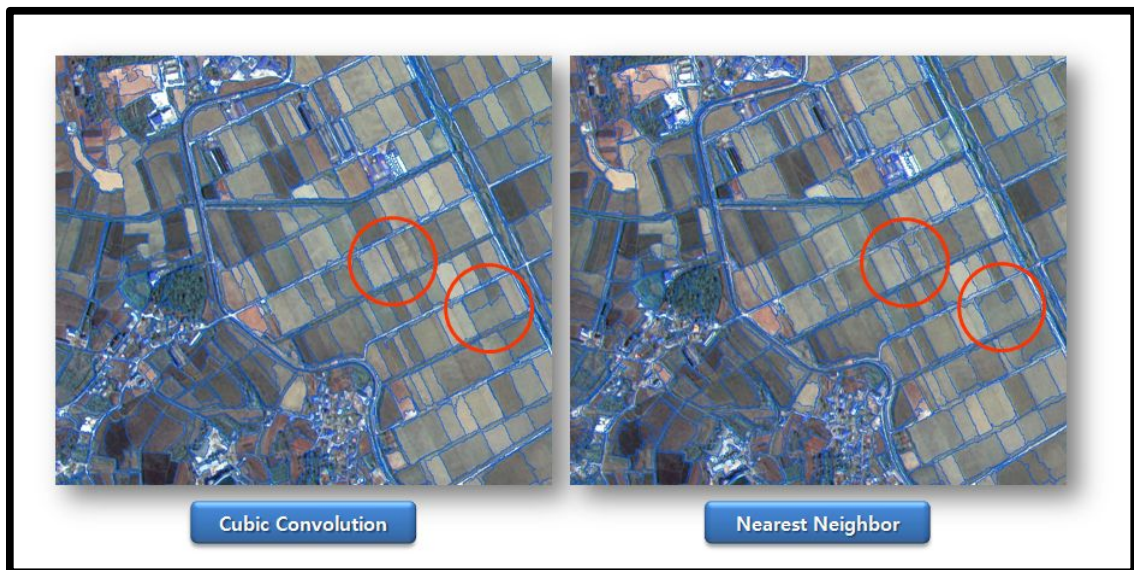


<그림 63> Input 자료에 따른 Segmentation 테스트 결과

- 동일 영상을 사용하여 작업 방법에 변화를 주어 테스트한 경우에는 8bit 영상을 사용하여 segment를 생성한 결과가 필지의 형태를 가장 잘 반영하였음
- 16bit 영상을 사용한 경우에는 화소값의 범위가 넓어 필요 이상의 분할 벡터를 생성하며, Multi 영상을 사용하여 segment를 생성한 결과는 해상도가 4m로 하락되는 필지의 면적이 많았음

○ Resample Method에 따른 테스트

- Input 자료의 Resample Method에 따른 segment 생성 결과에 대해 검증 실시하였음
- 테스트 자료로는 기하보정된 KOMPSAT-2 Pan-shapened 8bit 영상을 사용하였고, Segmentation process 과정상의 옵션은 모두 동일하게 적용하였음

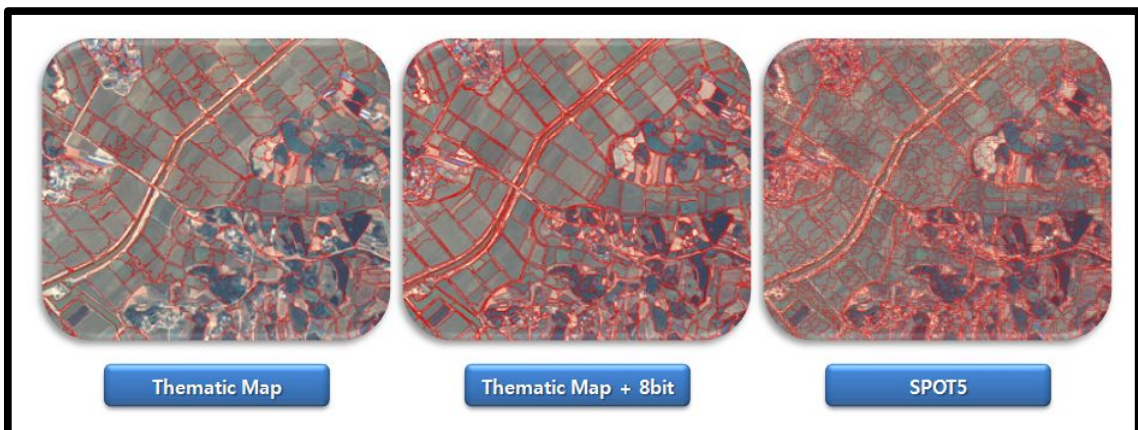


<그림 64> Resample Method에 따른 테스트 결과

- 결과는 <그림 64>와 같이, 전체적인 차이가 크게 나타나지는 않으나, Nearest Neighbor Method 방법에 의해 생성된 영상의 결과물에서 분할되지 않아야 하는 필지에 대해서도 부분적인 분할이 있는 현상을 보였음
- 이는 Nearest Neighbor Method에 의해 생성된 경우 영상 취득 당시 픽셀별 화소정보를 그대로 담고 있는 반면 Cubic Convolution method에 의해 생성된 영상은 기하보정작업 후 resample 되면서 픽셀간의 경계를 부드럽게 변환하였기 때문으로 판단됨
- 단, 본 연구에서는 이미 보정된 바 있는 1G Level의 영상을 입수하여 테스트 하였으므로, 그 결과가 뚜렷하게 나타나지는 않았음

○ 다양한 Input 자료에 따른 Segmentation 테스트

- 먼저 pixel based 분류 결과를 Thematic Map으로 변환하여 input 자료로 추가하여 Segmentation 테스트하였음. 이 경우, 분류된 픽셀의 결과를 각각의 Value로 인식하기 때문에 같은 값을 갖는 픽셀끼리 뭉쳐지는 결과를 보였음
- Pan-sharpened 8bit 영상에 pixel based 분류 결과를 변환한 Thematic map을 추가하여 segment를 생성해 보았음
- 이 경우 8bit 영상만을 사용하여 분류한 결과에 비해 경지가 잘 구획되는 필지도 있는 반면, 영상에서의 경지는 구분되어 있으나 픽셀분류 결과가 동일하게 보이는 인접 필지에 대해서는 뭉쳐지는 현상이 발생하는 부분도 있었음
- 마지막으로, 2.5m 해상도의 SPOT5 영상을 협조 받아 객체 기반 분류 작업을 진행하였으나 그림과 같이 해상도가 낮은 영상의 경우 오히려 필지경계를 반영하는데 문제가 있는 것으로 나타났음
- 본 연구에서는 후에 픽셀분류 결과와 객체기반 분류 결과와 합성하는 과정이 수행되므로, 객체 분류 과정에서의 Input 자료의 조합은 실행하지 않고 원시 8bit 영상만을 사용하여 진행하였음



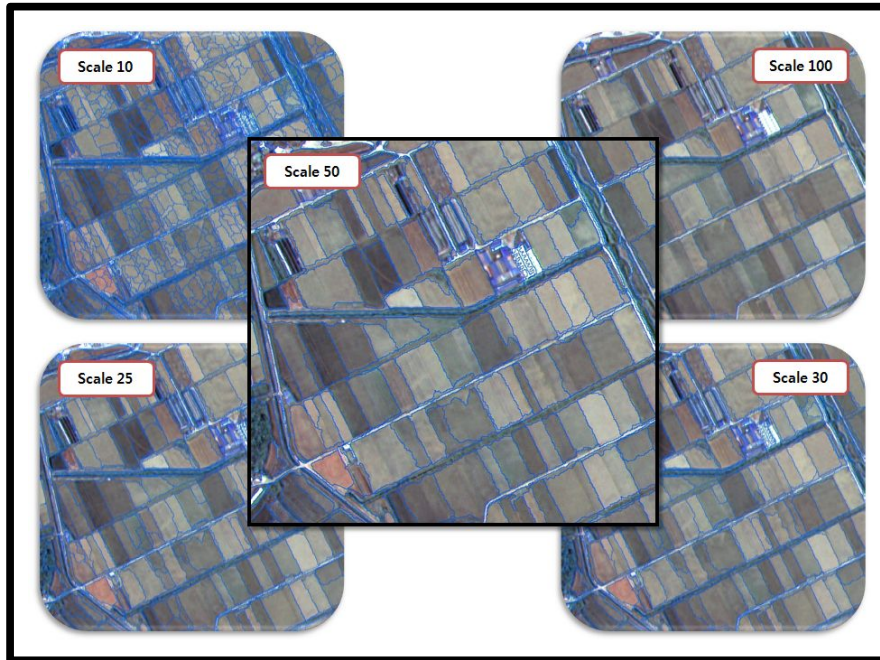
<그림 65> 다양한 Input 자료에 따른 Segmentation 테스트 결과

○ Option 조정에 따른 Segmentation 결과 테스트

- 본 연구에서는 목적이 경작지의 종류에 따른 분류를 하는 것으로 경지의 종류를 구분할 수 있는 화소의 고유값인 Color 에 비중을 높이 두었으며, 이를 기반으로 분할영역의 공간적인 분포를 결정하는 scale parameter를 조절하여 Segment를 생성하였음
- Developer7 Software에서는 분류 목적 따라 영향하는 Band에 가중치를 주어 분류 효율을 높여줄 수 있으나, 본 연구에 사용된 KOMPSAT-2 영상의 경우 현재 분광정보 라이브러리가 구축되어 있는 양의 관계로 모든 Band에 동일한 가중치를 주어 작업을 진행하였음
- 옵션 변경에 따른 테스트결과 Scale parameter 값을 50으로 하여 Segment를 생성하는 경우 영상의 필지를 가장 잘 반영하는 경향을 보였음

<표 13> KOMPSAT-2 영상의 Segmentation 옵션

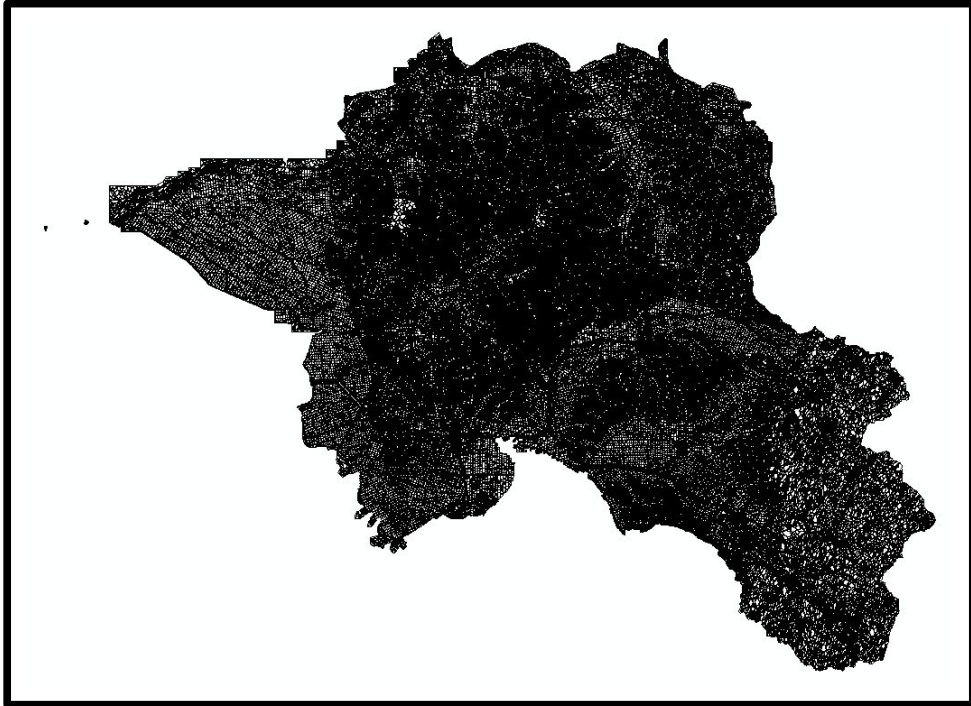
Segmentation Level	KOMPSAT-2 bands				Scale	Homogeneity Criterion	
	blue	green	red	Nir		color/shape	shape smoothness /compactness
Level 1	1	1	1	1	10	0.9/0.1	0.5/0.5
Level 2	1	1	1	1	25	0.9/0.1	0.5/0.5
Level 3	1	1	1	1	30	0.9/0.1	0.5/0.5
Level 4	1	1	1	1	50	0.9/0.1	0.5/0.5
Level 5	1	1	1	1	100	0.9/0.1	0.5/0.5



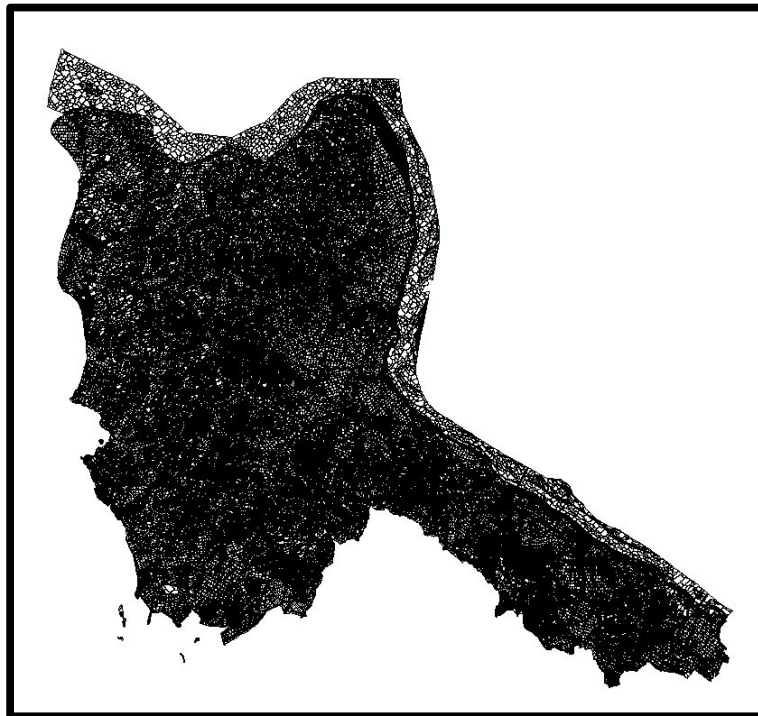
<그림 66> Option 별 Segmentation 테스트 결과

(5) 결과

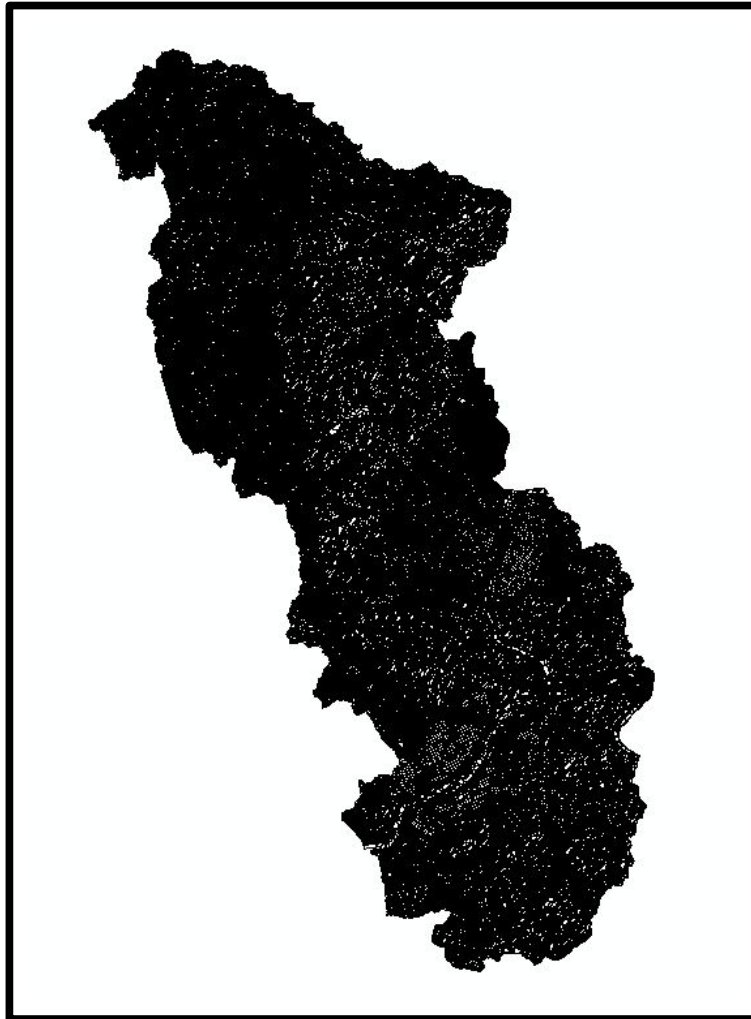
- Definiens image사의 Developer7 에서 객체기반 분류를 수행하였음
- KOMPSAT-2 Pan-sharpened 8bit 영상을 사용하여 scale parameter 값을 50으로 하여 segmentation 작업을 수행한 경우에 필지의 구획을 가장 잘 표현하는 결과를 도출할 수 있었음
- 다음은 객체기반 분류 결과물임



<그림 67> 객체기반 분류 결과물 - 김제시



<그림 68> 객체기반 분류 결과물 - 김포시



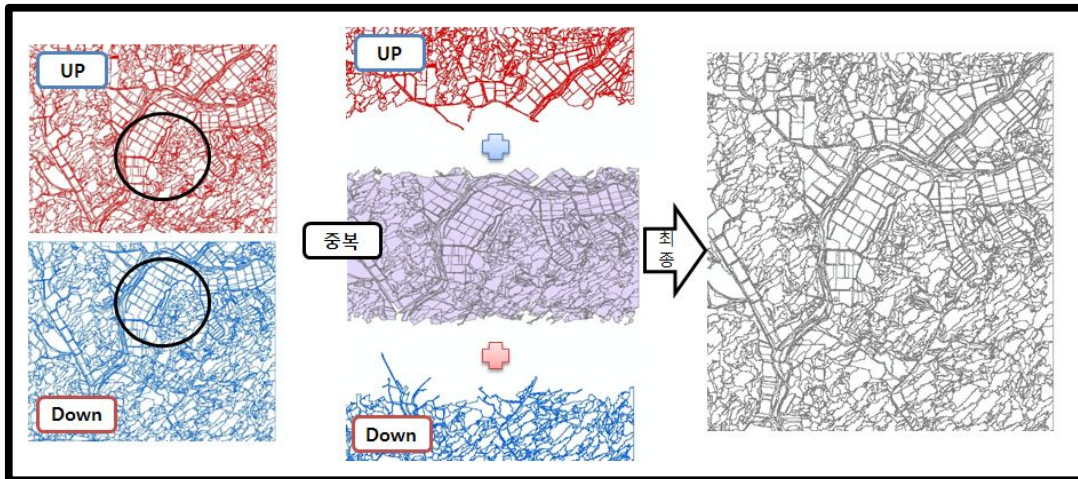
<그림 69> 객체기반 분류 결과물 - 연기군

다. 영상분류 결과의 합성

(1) 객체기반 분류 결과의 편집

- 생성된 벡터는 input 자료로 입력된 각각의 분할된 영상의 단위로 결과물이 생성 되므로, 다수의 Scenes 으로 구성된 지역의 경우 인접 영상에 의해 생성된 벡터끼리의 편집 작업을 수행 함
- 촬영일이 동일한 영상끼리의 생성 결과물 편집

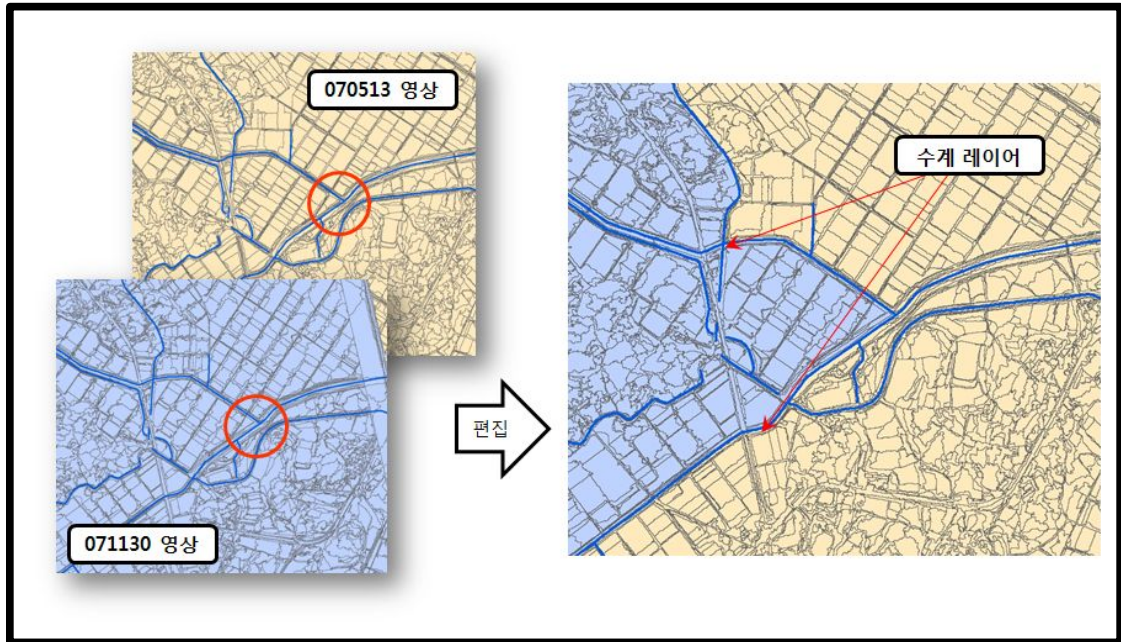
- 영상 촬영일자가 동일한 경우 객체기반 분류 작업시 인접 영역을 고려하여 분할영상을 생성 후 객체 분류를 시행하였음
- 이 경우 중복을 주어 분할한 영상에 의해 생성된 Segment의 경우 위성영상 중복 영역에서 완벽하게 일치하는 영역을 확인하고, 이를 기준으로 서로 다른 Segment를 제거하는 하는 방법으로 편집을 수행



<그림 70> 영상 촬영일이 동일한 영상끼리의 객체 분류 결과 편집

○ 촬영일이 다른 영상끼리의 생성 결과물 편집

- 영상 촬영일자가 동일한 경우 중복지역에서는 같은 형태의 벡터가 생성되어 편집 작업이 쉬웠으나, 서로 다른 시기의 영상이 인접하는 경우 객체분류 결과물이 동일하지 않음
- 이 경우 영상끼리의 중복된 영역을 중심으로 수계나 도로등 변화가 빈번하게 발생하지 않는 지형지물을 이용하여 경계를 생성하였음
- 도로나 수계 등 경계로 사용할만한 지형지물이 없는 경우 초지·나지 및 산림지역 등을 모자이크 라인으로 생성하여 본 연구 목표인 경작지에 변화가 생기지 않도록 기준을 설정하여 편집 작업을 수행하였음

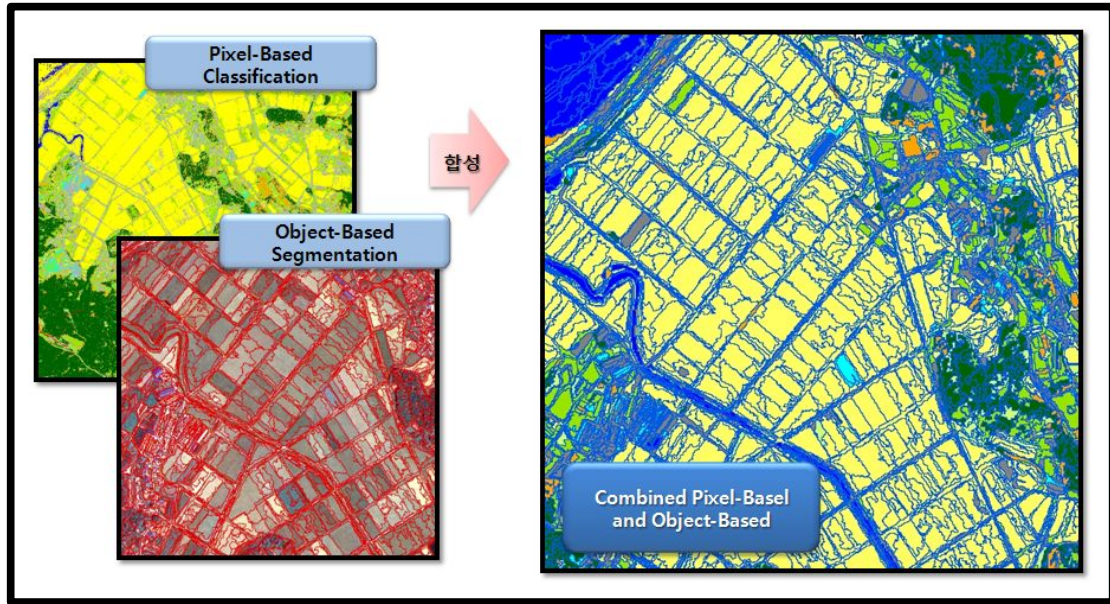


<그림 71> 영상 촬영일이 서로 다른 영상끼리의 객체 분류 결과 편집

- 편집이 완료된 결과물에서 인접되는 부분에 누락되는 자료가 없는지 확인 후 최종 파일 완성

(2) 영상분류 결과의 합성

- 영상분류 결과의 합성 과정은 픽셀 분류 결과와 객체 분류 결과를 결합시키는 과정임
- 픽셀분류에 의해서만 영상을 판독하는 경우 위에서 언급한바 있는 Salt and Pepper 현상이 발생하여 오분류를 초래하며, 지적도에 의한 필지 구획시 현 상황을 반영하지 못하는 단점이 있음
- 따라서 필지 구획의 하나의 기준으로 제시하는 객체분류 결과와 픽셀분류 결과를 결합시키는 과정을 수행하였음

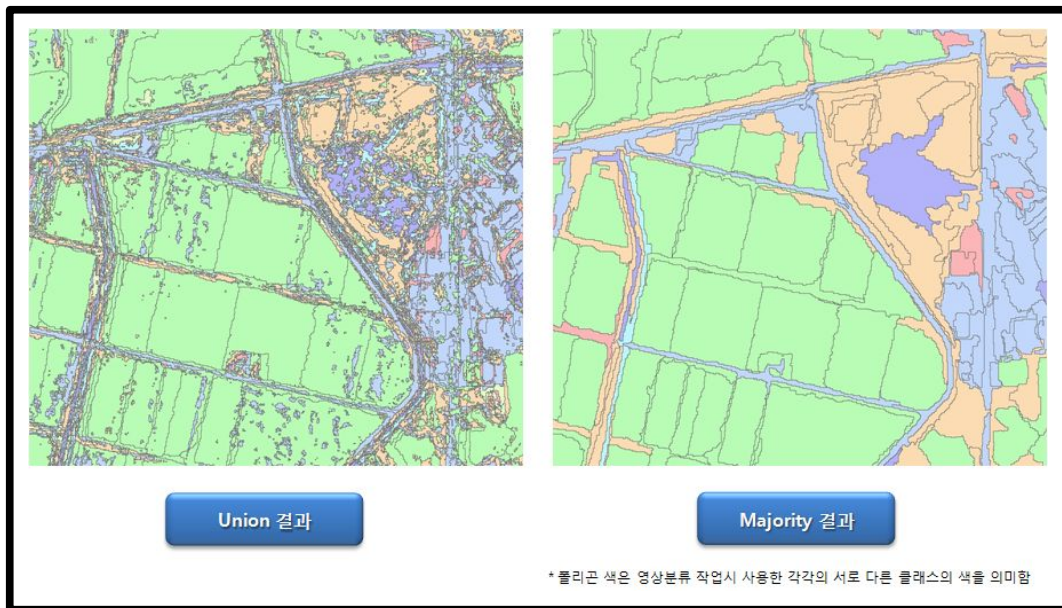


<그림 72> 영상분류결과의 합성

- 분류 결과를 합성하는 방법에는 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 크게 Union에 의한 합성 방법과 Majority에 의한 합성 방법을 확인하였음
- Union은 객체 기반 분류 결과 벡터가 픽셀 기반 분류결과에 의해 서로 다른 속성을 갖는 경우 모두 분할해주는 방식임
- 이 경우 픽셀 분류 결과를 잘 반영 해주기는 하나 픽셀분류 결과의 문제점으로 언급되었던 Salt and Pepper 현상이 동일하게 발생함
- 또한, 객체기반 분류 결과벡터를 픽셀 단위 분류 결과에 의해 모두 분할 해주어 생성된 결과물의 용량이 매우 크게 증가하여 이후 진행되는 단계의 편집 작업등에 어려움이 있음
- Majority 방법은 객체 기반 분류 결과로 생성된 벡터의 공간을 기준으로 전체 픽셀분류 결과 중 우점을 차지하는 분류 결과값이 객체 기반 분류 결과물의 공간의 속성으로 정의되는 방식임
- Majority 방법은 동일 필지 내에 여러 가지 작물을 재배하는 경우 소수의 분류 결과값이 속성으로 반영되지 않는으나, 객체기반 분류 작업시 이미

이질적인 정보에 대해서는 분류를 진행한 것으로 판단하여 본 연구에서는 Majority 방법에 의한 합성 작업을 수행하였음

- Majority는 Leica의 ERDAS Imagine Software에서 제공하는 Vector Utilities 모듈을 사용하여 진행하였음



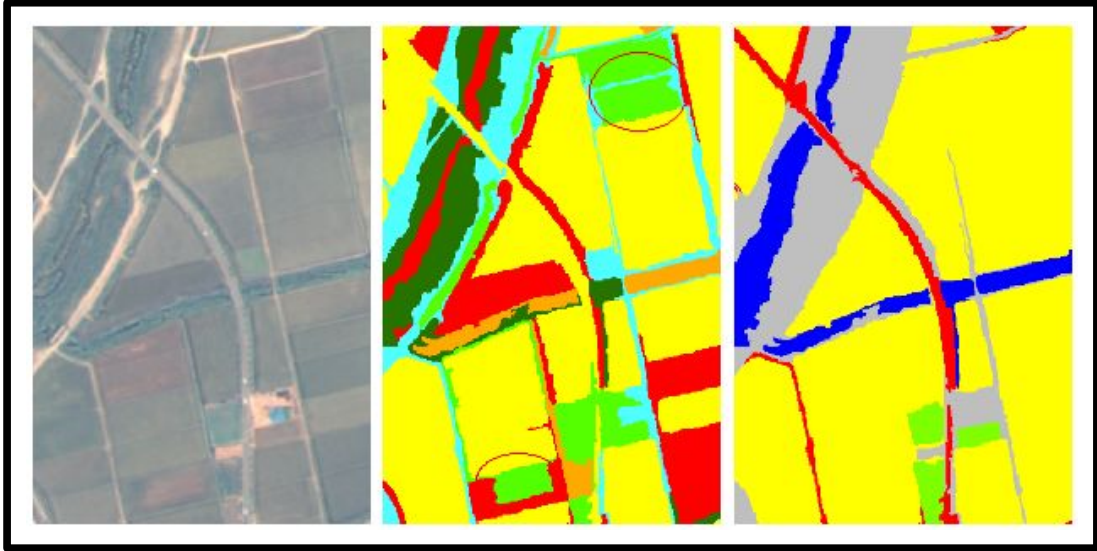
<그림 73> 합성방법에 따른 결과 비교(Union 과 Majority)

(3) 육안판독에 의한 편집

- Majority가 적용되고 시·군 전체로 병합(Merge)된 분류지도는 고해상도 참조자료, 현지조사자료 등과 비교하여 스크린 상에서 육안 판독하여 편집·수정하는 일련의 과정을 거침
- 육안판독에 의한 편집은 ArcGIS에서 실행
- 농경지 분류항목(논, 밭, 과수, 시설재배지)을 중심으로 잘못 분류되어지는 경우에 대해 편집하며 육안판독의 편집 및 수정은 분류에 이용된 KOMPSAT-2 영상의 현 상태를 기준으로 함

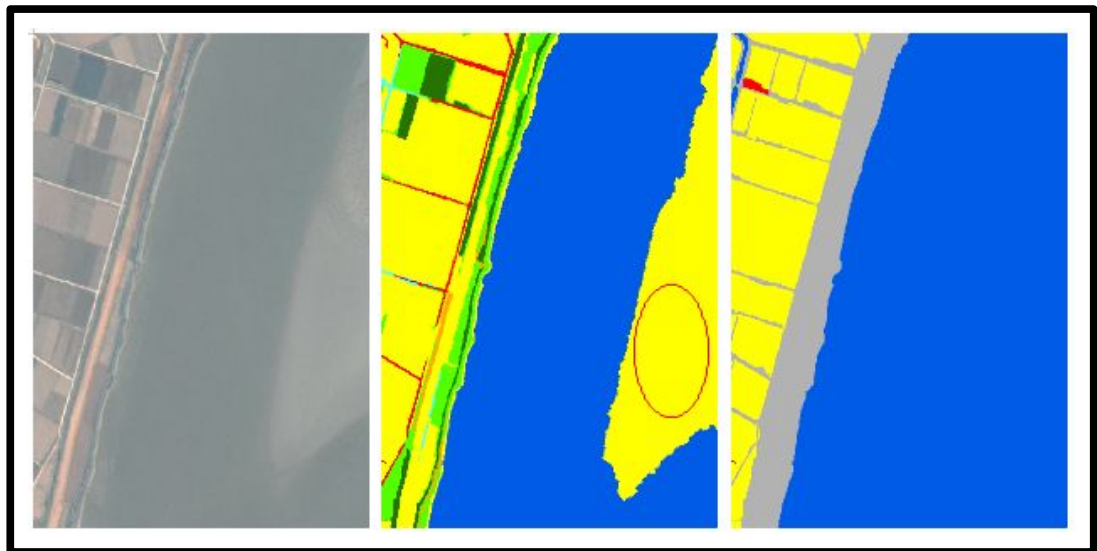
○ 논 항목에 대한 편집

- 6월 초 영상에서 논에 벼가 식생 활력도가 왕성하지 않아 밭작물로 잘못 분류된 곳을 육안판독 후 편집



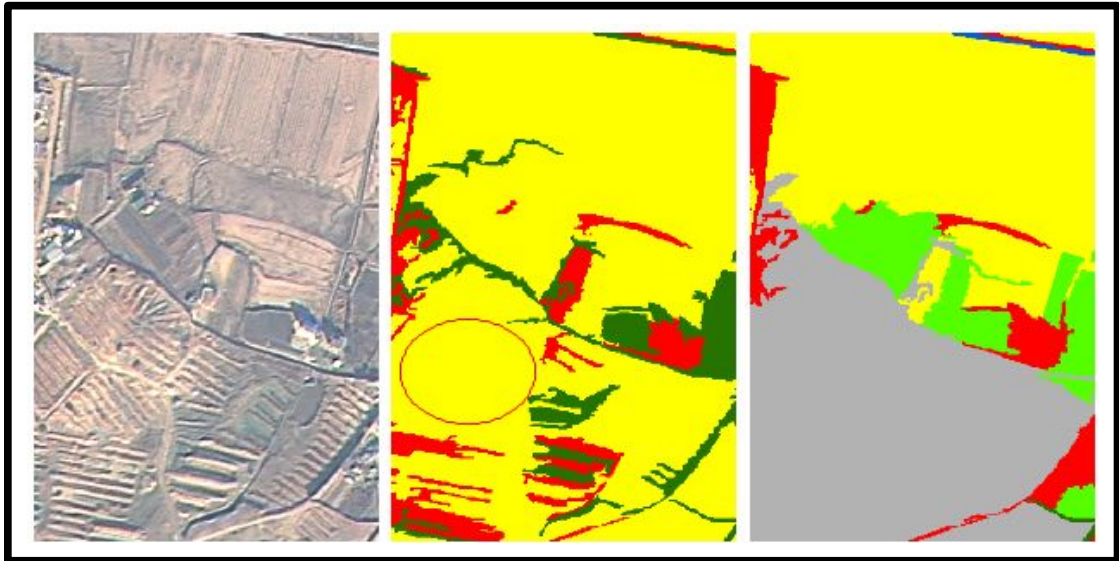
<그림 74> 밭으로 오분류된 논

- 논에 물이 대어져 있는 영상에서 논을 분류시 습지가 논으로 오분류되는 것을 육안판독 후 편집



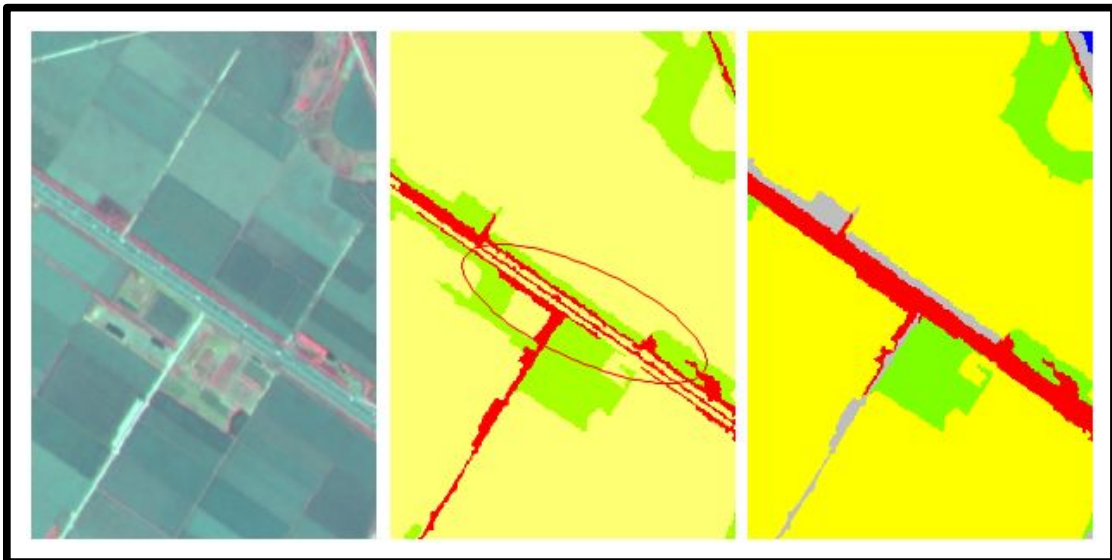
<그림 75> 논으로 오분류된 습지

- 겨울영상에서 나지가 논으로 오분류된 경우 육안판독하여 초지로 편집



<그림 76> 논으로 오분류된 나지

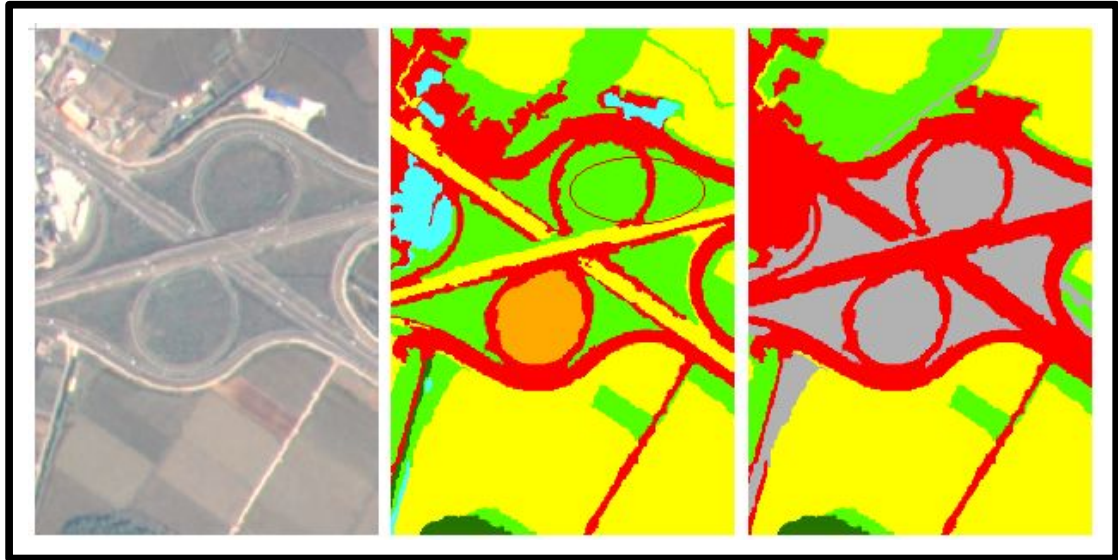
- 논에 물을 댄 영상의 경우 고속도로와 같은 아스팔트도로가 논으로 오분류될 수 있으므로 편집



<그림 77> 논으로 오분류된 구조물

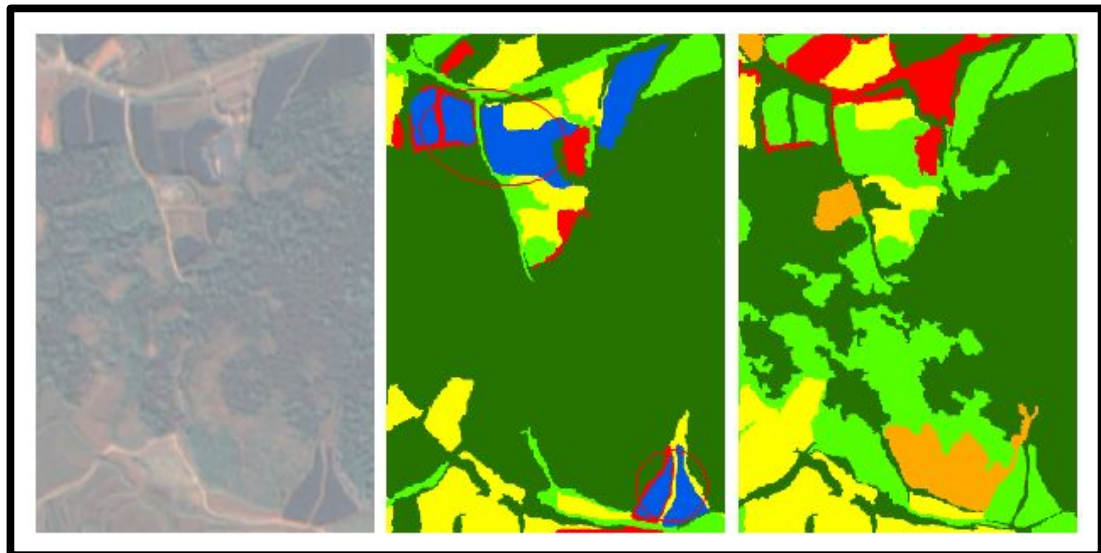
○ 밭 항목에 대한 편집

- 초지가 식생활력이 높아 밭으로 분류된 경우 육안판독을 통해 초지로 편집



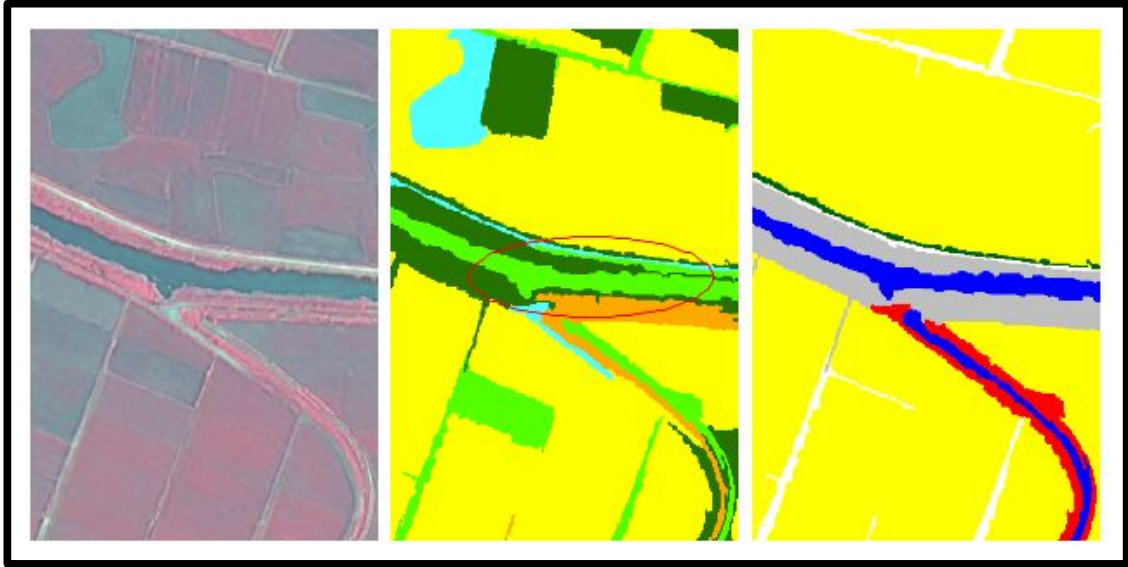
<그림 78> 밭으로 오분류된 초지

- 차양이 있는 인삼밭의 경우 물과 비슷한 반사값을 가지고 있어, 물로 오분류됨. 물로 잘못 분류된 인삼밭을 편집



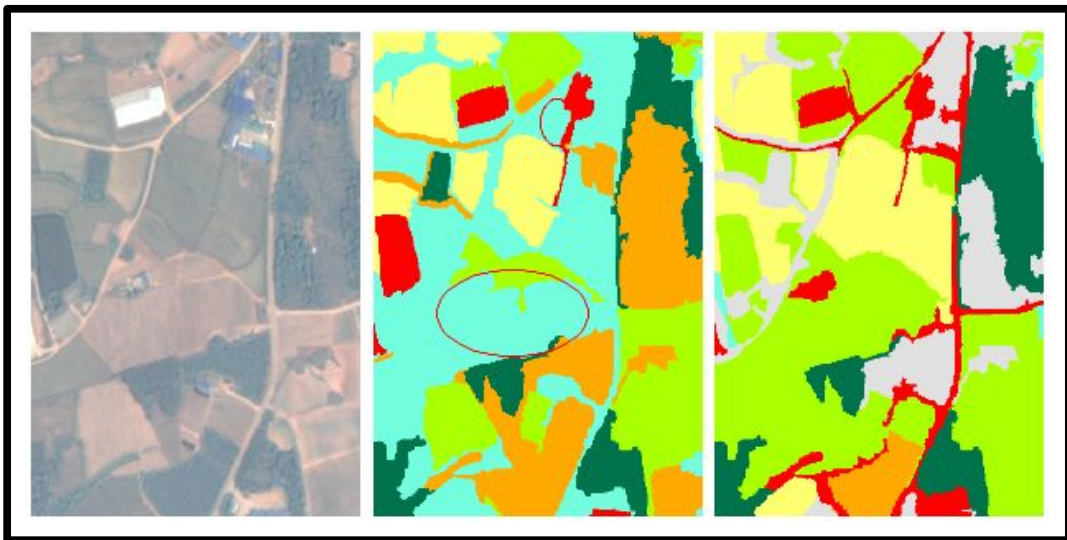
<그림 79> 수역으로 오분류된 밭

- 수풀이 우거진 농수로의 경우 밭으로 오분류되어 있으므로 수역으로 편집



<그림 80> 밭으로 오분류된 수역

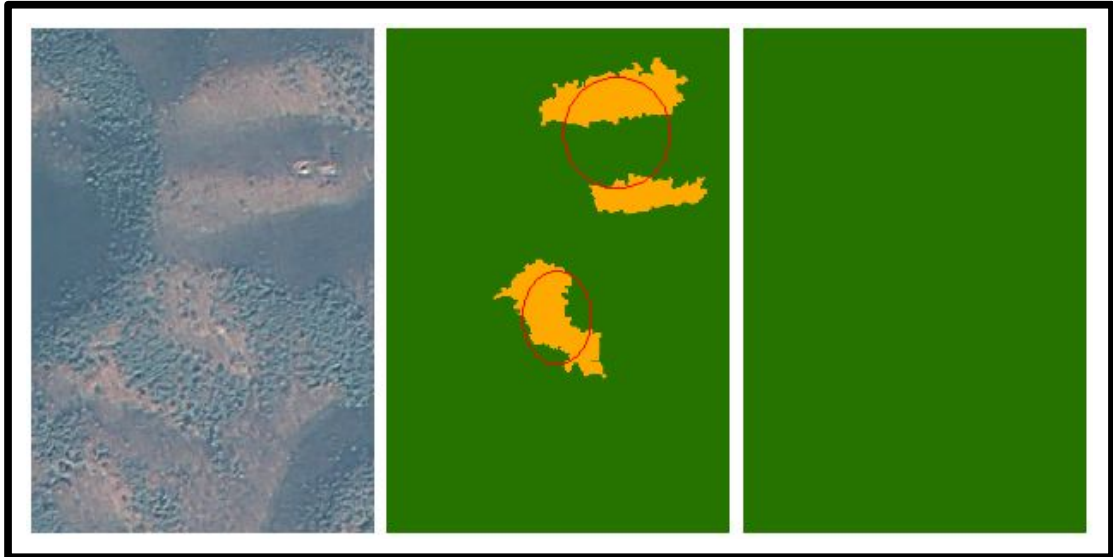
- 봄 영상에서 식생은 존재하지 않으나 재배준비중인 밭의 형태를 가진 경지는 밭으로 편집



<그림 81> 시설로 오분류된 밭

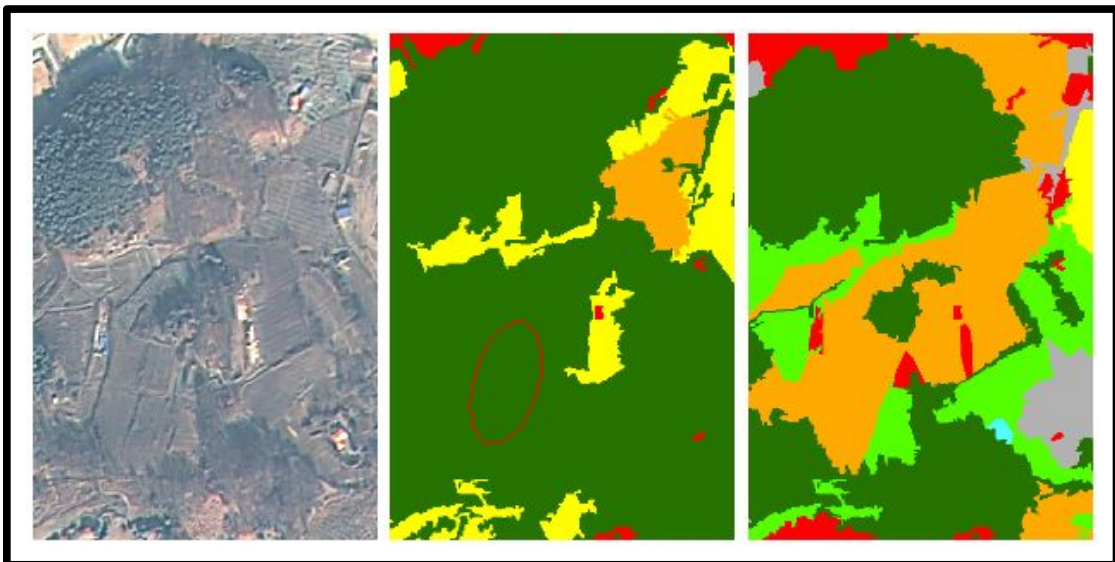
○ 과수 항목에 대한 편집

- 겨울영상에서 산림이 무성하지 않은 활엽수 부분이 과수원으로 오분류된 경우 육안판독으로 편집



<그림 82> 과수로 오분류된 산림

- 산림에 인접해 있는 과수원이 산림으로 분류된 경우 과수원으로 편집

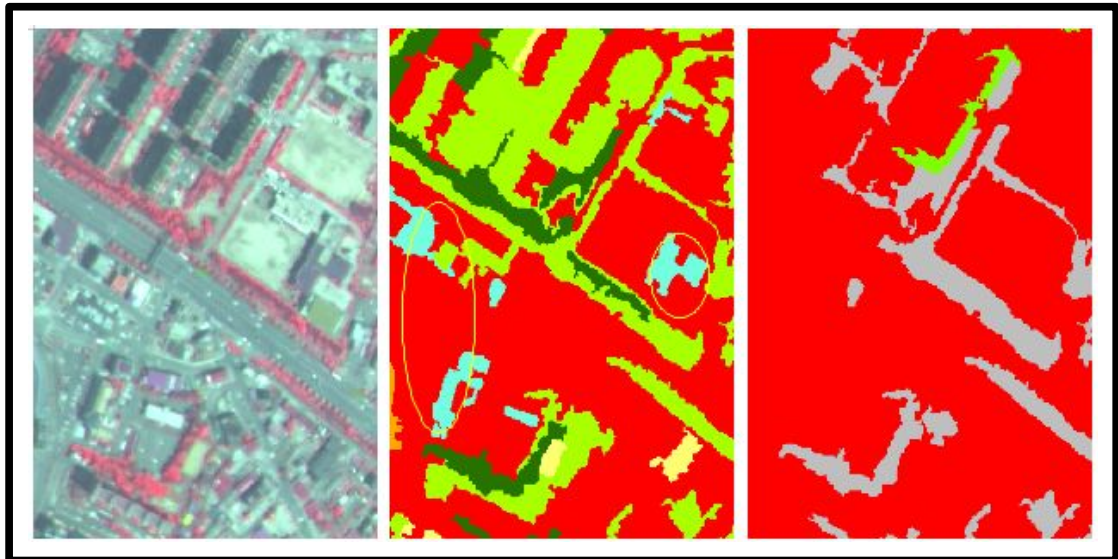


<그림 83> 산림으로 오분류된 과수

- 식생활력도가 높은 초지가 과수로 분류된 경우 육안판독을 통해 편집

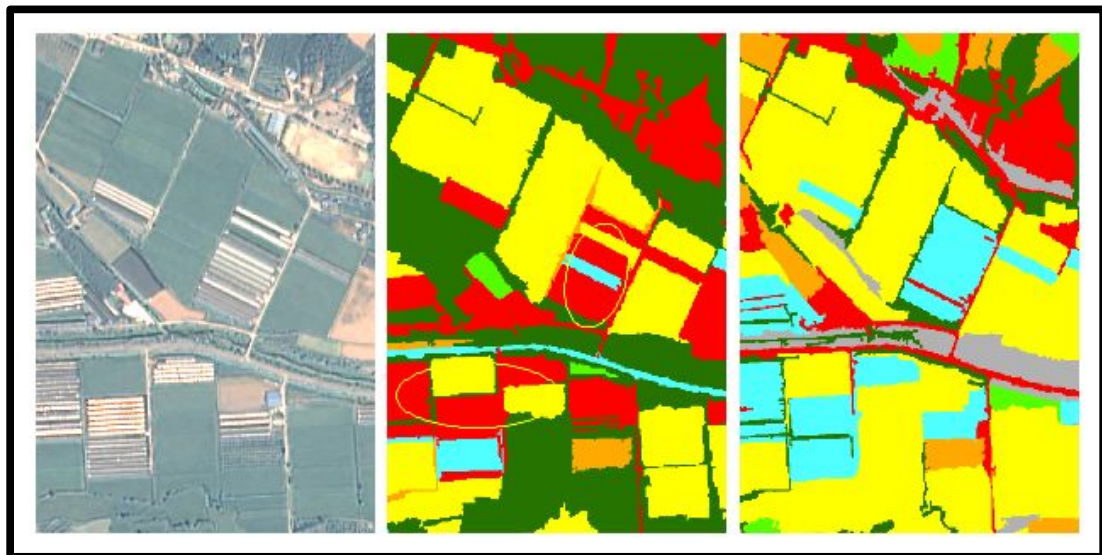
○ 시설재배지 항목에 대한 편집

- 도심지의 반사값이 높은 건물이 시설재배지로 오분류된 경우 육안판독을 통해 편집



<그림 84> 시설로 오분류된 구조물

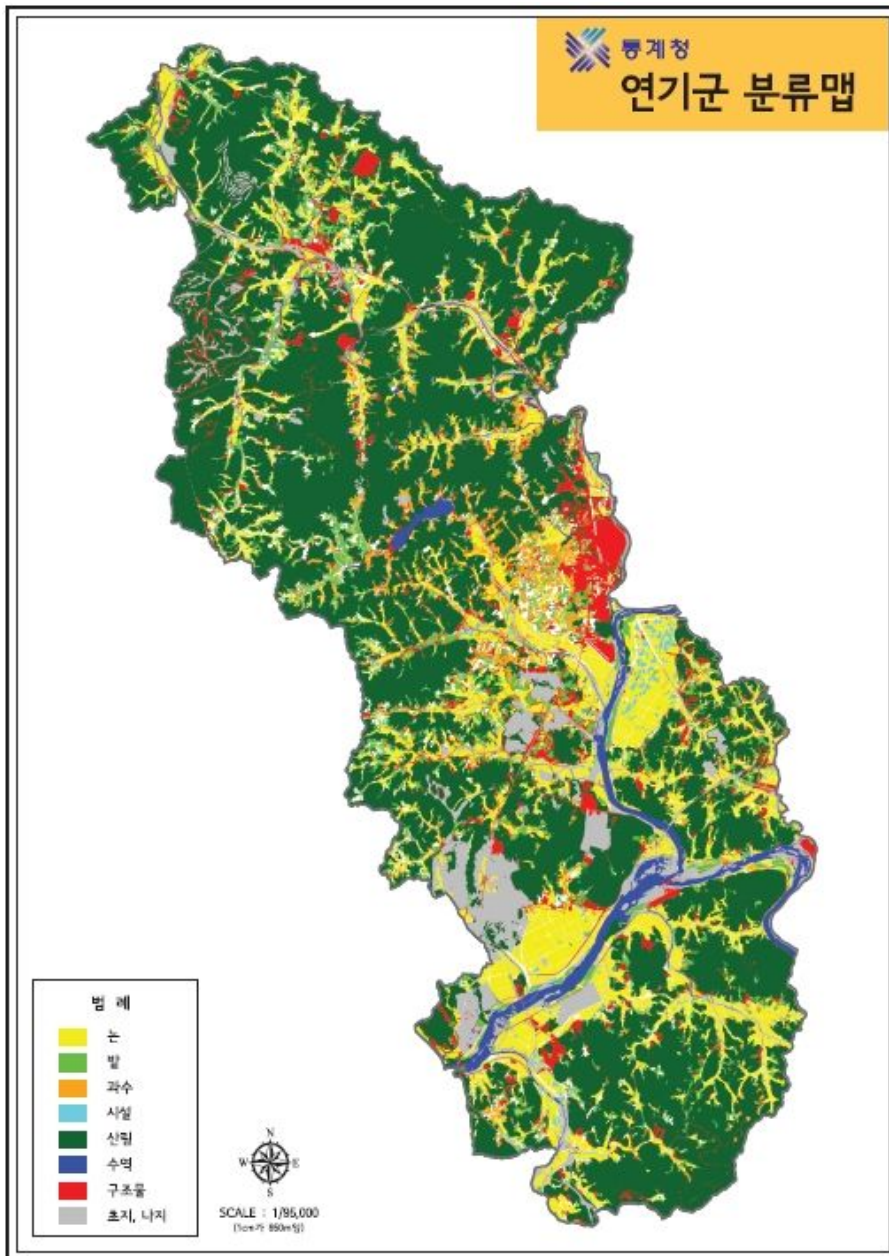
- 시설재배지가 구조물로 오분류 되는 경우 육안판독을 통해 편집



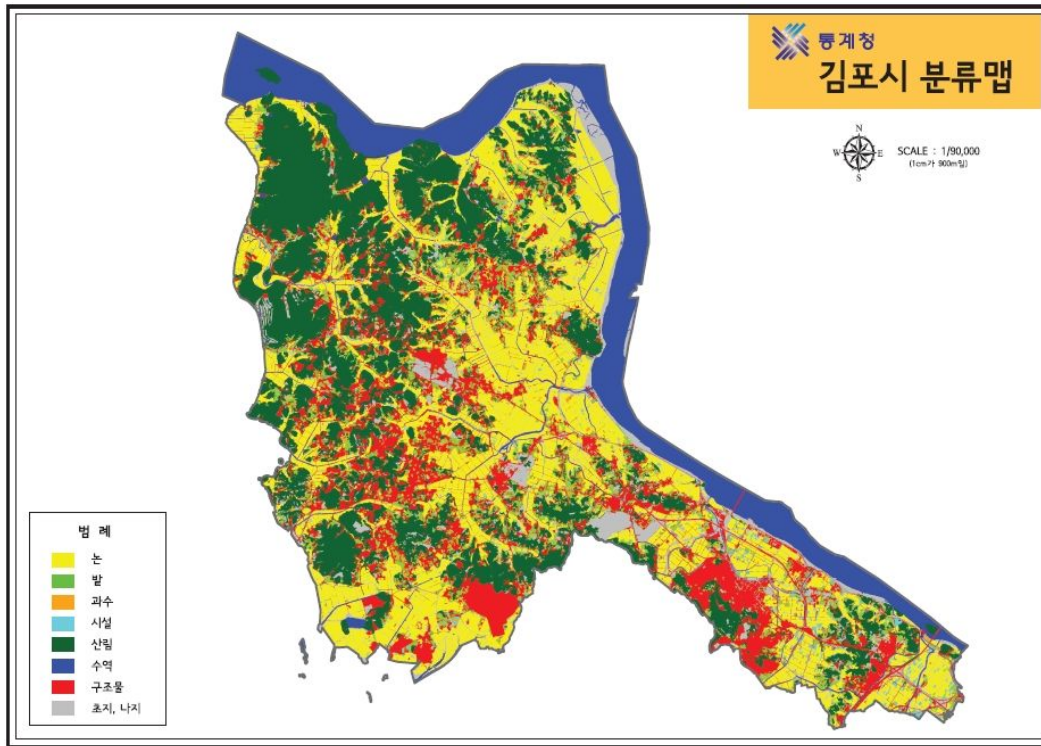
<그림 85> 구조물로 오분류된 시설

(4) 최종분류결과

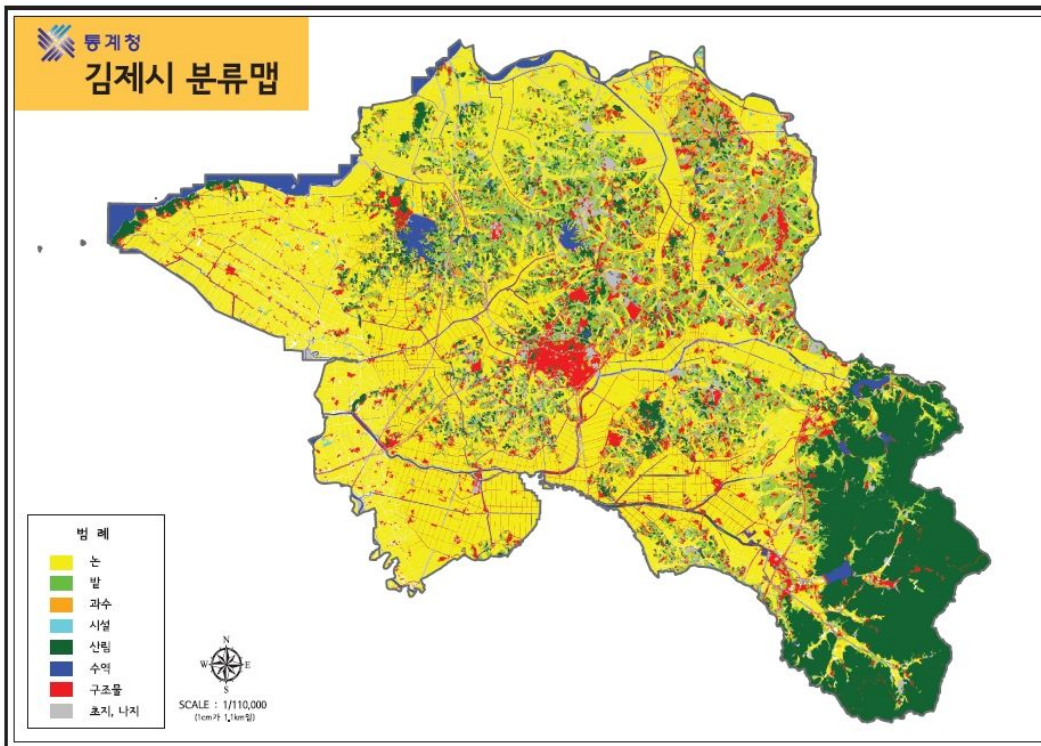
- 객체기반 분류와 화소기반분류를 Majority하여 공간DB화된 분류영상을 육안판독에 의한 편집까지 완료하면 최종 위성영상으로 분류된 농경지지도가 도출됨
- 도출된 세지역의 최종 분류지도는 다음과 같음



<그림 86> 연기군 최종분류지도



<그림 87> 김포시 최종분류지도



<그림 88> 김제시 최종분류지도

라. 정확도 검증

(1) 정확도 평가방법

- 연구에 제시된 방법을 통해 작성된 농경지총조사 결과의 정확도를 평가하기 위하여 ERDAS Imagine의 Accuracy Assesment를 실행하였음
- 정확도 검증은 2차로 분류된 위성영상과 육안판독으로 편집이 완료된 영상에 실행
- 정확도 평가의 방법은 검증을 위한 표본을 무작위로 선정하고 선정된 표본에 대해 현장조사를 실시하여 정확하게 분류되었는지를 오차행렬로 작성한 후 오차행렬을 이용하여 여러 정확도를 산출하는 것임
- 정확도 검증에 사용되는 표본의 개수는 통계기법을 이용하여 적절한 크기로 결정
- 표본의 개수 즉, 표본의 크기는 이항확률이론에 근거한 다음과 같은 식을 이용

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2}$$

- 여기서 p는 전체지도의 기대되는 %의 정확도고, q=100-p, D는 허용가능 오차, 그리고 95% 양쪽 꼬리 신뢰도에 대한 1.96 표준정규편차로부터 Z=1.96임

- 세 지역의 정확도 검증시 사용된 샘플크기의 계산식에서 95%의 신뢰수준, 90%의 정확도, 5%의 허용오차로 설정하여 각 지역마다 138개의 샘플 크기를 정함
- 138개의 샘플은 Accuracy Assesment에서 무작위추출로 생성
- 생성된 138개의 샘플은 최종 육안판독된 영상에서 자동적으로 클래스정보를 가져오며 현장조사를 통해 획득한 농경지현황을 참조값으로 넣어 정확도검증의 자료를 구축
- Accuracy Assesment의 실행의 결과는 Accuracy Report로 생성되며





Report의 내용으로 오차행렬과 3가지 정확도, 카파계수가 산출

- 오차행렬은 샘플로 추출된 표본에 대해 분류된 영상과 현장조사를 통해 확보된 참조자료를 비교하는 표로 정확도에 대한 기술적 기준을 산출하는 기본표임
- 생산자정확도는 영상분류 시 각 클래스에 해당한다고 판단하여 사용한 화소들에 대하여 실제로 그 결과가 그것에 일치하게 분류된 화소들의 확률을 나타내며 얼마나 잘 분류되었는가를 나타내는 정확도임
- 사용자정확도는 분류의 결과를 사용할 때 일정유형으로 분류된 결과가 얼마나 정확한가 즉, 분류된 하나의 화소가 실제로 지상에서 그 항목을 나타내는 확률을 뜻함
- 전체정확도는 바르게 분류된 모든 화소를 오차행렬내의 모든 화소수로 나눈 것임
- 카파계수는 분류영상과 참조자료(현장조사)사이의 일치도나 정확도를 나타내며 오차행렬내의 내부오차 및 내부오차의 영향에 대한 정보도 포함함

(2) 현장조사

- 무작위로 추출된 검수점으로 현장조사를 실시
- 현장조사 전 추출된 검수점으로 포인트 Shape 파일을 만든 후 각각의 검수점이 필지 내에 위치하는지 확인하고 조사번호 ID를 부여함
- 현장조사로 검수점이 포함된 필지를 중심으로 이루어지며 필지의 농업적 이용현황과 특이사항정보를 획득하고 사진을 촬영
- 현장조사 후에는 현장조사에 대한 정보를 정리하기 위해 현장조사대장을 작성
- 현장조사대장은 분류결과와 현장조사결과를 기입하고 위성영상에서 검수점을 포함한 필지의 현황과 분류결과, 현지사진을 첨부함

○ 작성된 현장조사대장은 다음과 같음

영상이름	김포070513		조사자	BNT	조사번호	No04_131
조사지주소	시도	김포시	읍면	하성면	동리	양택리
PT일련번호	2	영상좌표	X	167306.26	Y	470891.96
영상촬영일자	2007-05-13			현장조사일자	2008-05-13	
분류결과	밭			현지조사결과	밭	
특이사항	인삼밭					
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		

<그림 89> 현장조사대장_김포시_밭

(3) 정확도 평가의 결과

○ 2차 분류영상과 육안판독 완료 후 분류영상에 대한 각각의 정확도는 다음 표와 같음

<표 14> 2차 분류영상에 대한 정확도_김포시

Kappa Statistics = 0.2980		Referenced Data					SUM	Users Accuracy	
		paddy	field	orchard	vinyl	others			
Classified Data	paddy	66	8	1			66	75	88.00%
	field	5	9	2	2		9	18	50.00%
	orchard		2	2			2	4	50.00%
	vinyl	1			2		2	3	66.67%
	others	20	7	7	1	3	2	38	
		66	9	2	2	2	81		
SUM		92	26	12	5	3		138	
Product Accuracy		71.74%	34.62%	16.67%	40.00%				57.25%

<표 15> 육안판독 완료 후 분류영상에 대한 정확도_김포시

Kappa Statistics =0.8409		Referenced Data					SUM	Users Accuracy	
		paddy	field	orchard	vinyl	others			
Classified Data	paddy	91	1				91	92	98.91%
	field	2	24	5		1	24	32	75.00%
	orchard		1	7			7	8	87.50%
	vinyl				3		3	3	100.00%
	others				1	2	2	3	
		91	24	7	3	2	127		
SUM		93	26	12	4	3		138	
Product Accuracy		97.85%	92.31%	58.33%	75.00%				92.03%

<표 16> 2차 분류영상에 대한 정확도_김제시

Kappa Statistics = 0.3645		Referenced Data					SUM	Users Accuracy	
		paddy	field	orchard	vinyl	others			
Classified Data	paddy	43	6	1	1		43	51	84.31%
	field	7	19	1			19	27	70.37%
	orchard	4		5		1	5	10	50.00%
	vinyl	5	5	1	3	1	3	15	20.00%
	others	9	7	5	3	1		25	
		43	19	5	3		70		
SUM		68	37	13	7	3		128	
Product Accuracy		63.24%	51.35%	38.46%	42.86%				54.69%

<표 17> 육안판독 완료 후 분류영상에 대한 정확도_김제시

Kappa Statistics = 0.8480		Referenced Data					SUM	Users Accuracy	
		paddy	field	orchard	vinyl	others			
Classified Data	paddy	65	4				65	69	94.20%
	field	3	31			2	31	36	86.11%
	orchard		3	11			11	14	78.57%
	vinyl				8		8	8	100.00%
	others					1	1	1	
		65	31	11	8	1	116		
SUM		68	38	11	8	3		128	
Product Accuracy		95.59%	81.58%	100.00%	100.00%				90.63%

<표 18> 2차 분류영상에 대한 정확도_연기군

Kappa Statistics = 0.4215		Referenced Data					SUM	Users Accuracy	
		paddy	field	orchard	vinyl	others			
Classified Data	paddy	29	3	3		5	29	40	72.50%
	field	2	18			3	18	23	78.26%
	orchard	6	3	10		1	10	20	50.00%
	vinyl		2		6		6	8	75.00%
	others	8	10	15	3	11	11	47	
		29	18	10	6	11	74		
SUM								138	
Product Accuracy		64.44%	50.00%	35.71%	66.67%				52.90%

<표 19> 육안판독 완료 후 분류영상에 대한 정확도_연기군

Kappa Statistics =0.8409		Referenced Data					SUM	Users Accuracy	
		paddy	field	orchard	vinyl	others			
Classified Data	paddy	42	8			2	43	53	81.13%
	field		23	3		5	23	31	74.19%
	orchard		2	23		1	23	26	88.46%
	vinyl				9		9	9	100.00%
	others	2	3	2		12	12	19	
		43	23	23	9	12	110		
SUM								138	
Product Accuracy		95.56%	63.89%	82.14%	100.00%				85.67%

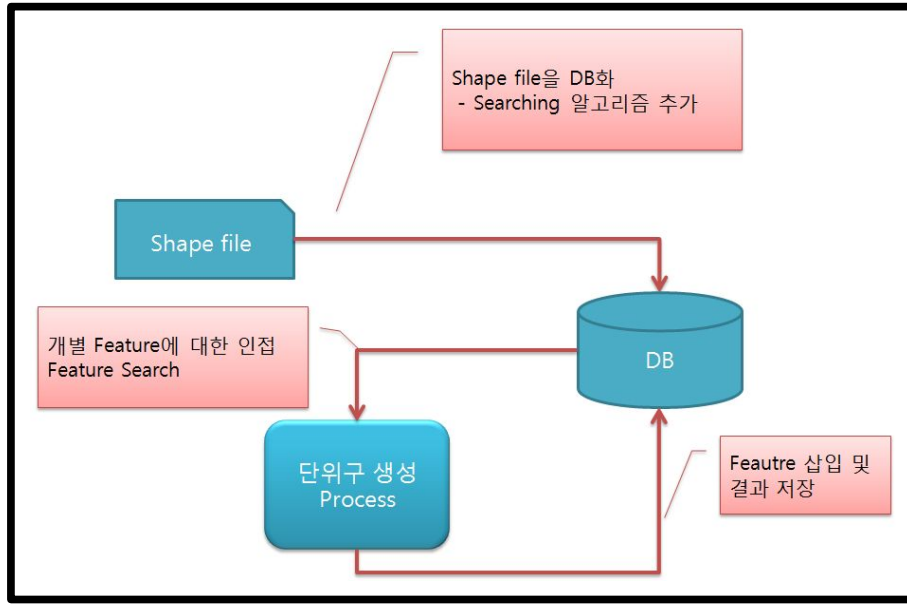
- 픽셀기반의 분류영상에서 논외 생산자정확도는 약 63%~72%, 사용자정확도는 72.5%~88%로 높게 나타남
- 하지만 밭의 경우 생산자정확도는 34.6%~51.3%, 사용자정확도 50%~78.3%로 논외 경우보다는 낮게 나타남
- 픽셀기반 분류영상의 전체정확도는 약 53%~57%로 나타났으며 카파계수는 약 0.3~0.42로 나타남
- 육안판독 완료 후 전체정확도는 85.7%~92%로 높아짐. 정확도가 낮았던 밭의 경우도 생산자정확도 63.9%~92.3%, 사용자정확도 74.2%~86.1%로 높아짐

5. 단위구 모집단 생성 자동화 알고리즘 개발

가. 단위구 생성 자동화 알고리즘

(1) 개요

- 위성 영상으로 만들어진 경지 Shape 데이터를 2ha를 기준으로 분류.
- 인력을 통해 수동으로 하던 작업을 자동으로 분류.
- 빠른 계산보다 최대한의 단위구 묶음 성공률을 목표로 한다.
- 변형된 B-Tree 알고리즘을 통해 기 분류된 단위구를 적절히 관리하고 새로 추가되는 경지가 가장 어울릴 만한 단위구를 자동으로 찾는다.
- 기존의 B-Tree 알고리즘은 선형 위치를 결정하기에 최적화된 알고리즘이지만 여기서는 각각의 단위구에 일련의 조건을 부여하여 2차원 데이터를 선형처럼 취급한다.
- 최소 20만 Polygon의 데이터 처리를 위해서 DBMS를 사용한다.
- 자동화 프로그램의 메모리 부담을 최소화하고 유연한 동작 환경 및 시스템 확장을 담보하기 위해 알고리즘 일부를 DB에서 실행하도록 한다.



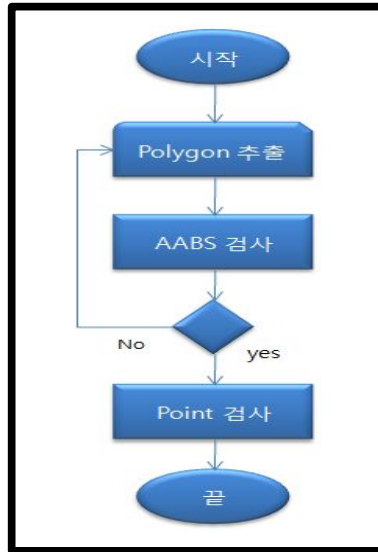
<그림 90> 전체 구성도

(2) 알고리즘 개발의 제한 사항 및 대안

- 하나의 단위구 안에 묶여진 경지들 사이에 사람이 걸어 다닐 수 없는 지형지물이 존재하여서는 안되며 도보로 이동가능한 적절한 거리 안에 모든 경지가 존재하여야 한다.
- 사람이 걸어 다닐 수 있는 지형지물이 컴퓨터로는 적절한 판단이 이루어질 수 없기 때문에 입력 데이터의 속성에 미리 특성을 정한다.
- 적절하게 이동 가능한 거리 안의 장애물 유무 여부는 판단이 어렵게 때문에 이동 가능한 경지는 인접한 경우에만 인정한다.
- 이동 가능한 속성이 있고 정확하게 인접하여야 하나의 단위구로 묶을 수 있는 것으로 판단한다.

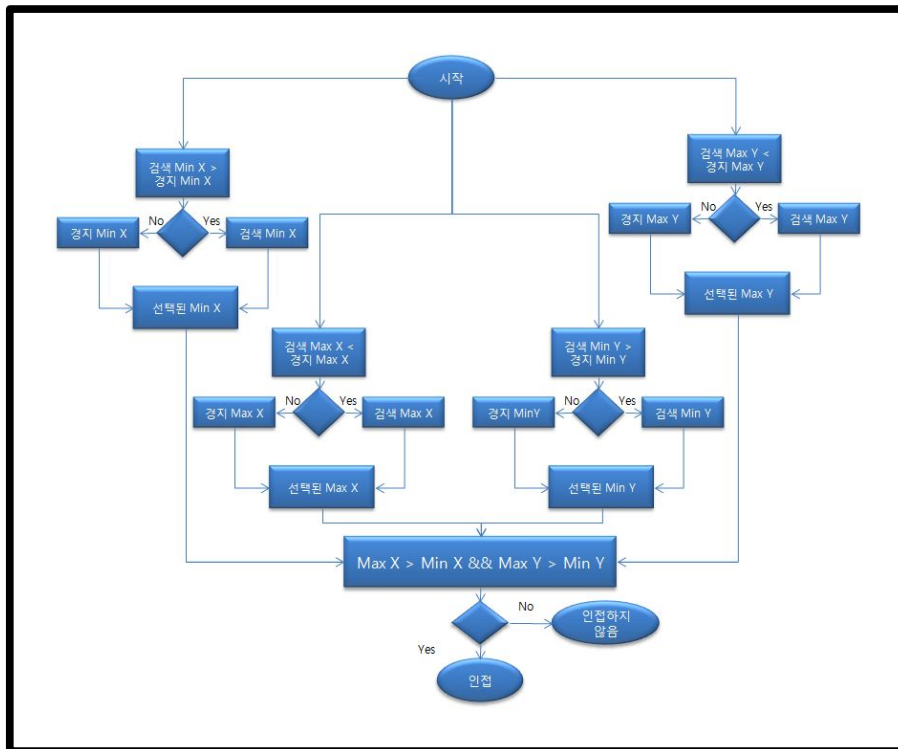
(3) 검색 알고리즘 제안

- 정확하게 인접하는 지형을 20만건 이상의 Polygon에서 빠르게 찾기 위해서 검색 알고리즘을 도입한다.
- 검색은 AABS(Axis Aligned Bounding Square)검색과 정밀 검색의 2개의 단계로 나뉘어져 실행된다.



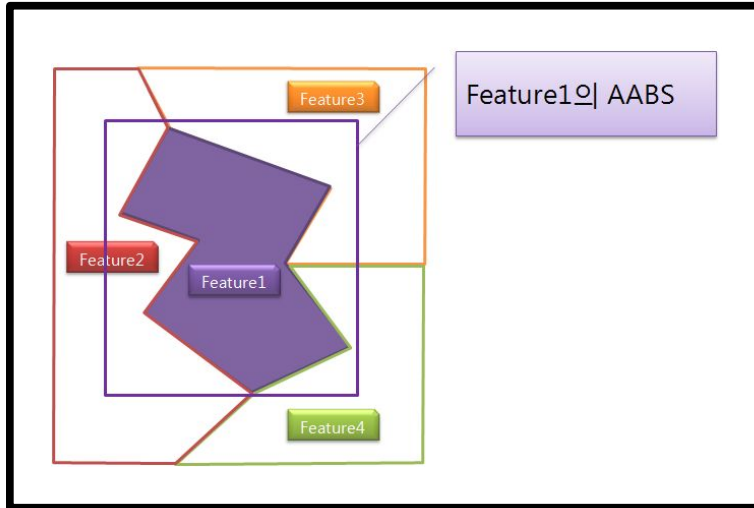
<그림 91> 검색 방법

- AABS 검사는 최대/최소값을 이용하여 빠르게 근처의 Polygon을 인덱스 할 수 있게 한다.



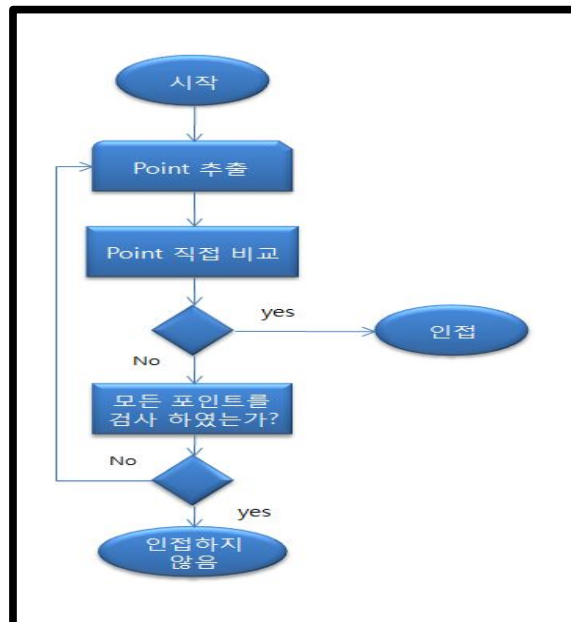
<그림 92> AABS 검사 알고리즘

- 위 과정은 DB 내부에서 이루어지며 DB를 이용함으로써 단위구 생성 프로그램의 메모리 부담을 최소화 할 수 있다.
- 프로그램 외부에서 실행하고 단위구 생성 프로그램과 별도의 통신 과정을 다시 거쳐야 한다는 점에서 속도를 느리게 한다.



<그림 93> AABS 개념도

- 정밀 검사는 AABS 검사를 통과한 경지에 한하여 이루어진다.

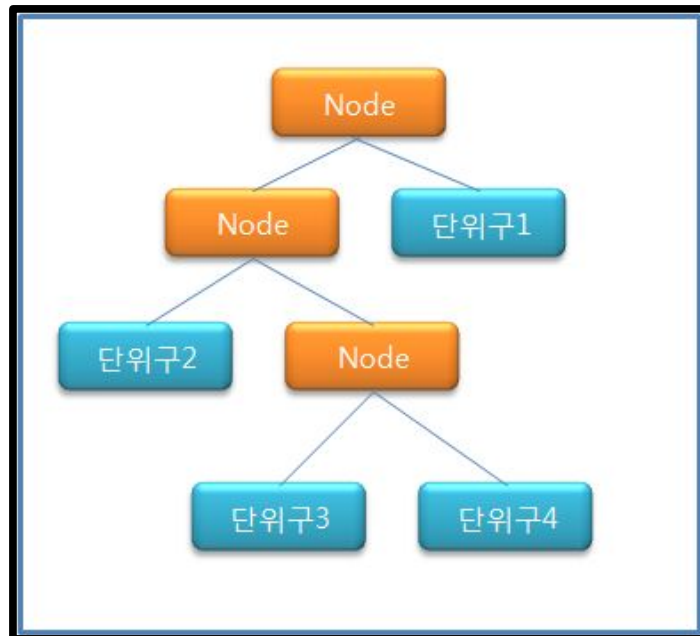


<그림 94> 정밀 검사 알고리즘

- 위 과정은 단위구 생성 프로그램 내부에서 수행되면 AABS를 통과한 경지의 모든 점을 메모리에 로드하여 검색한다.

(4) 단위구 관리 알고리즘 제안

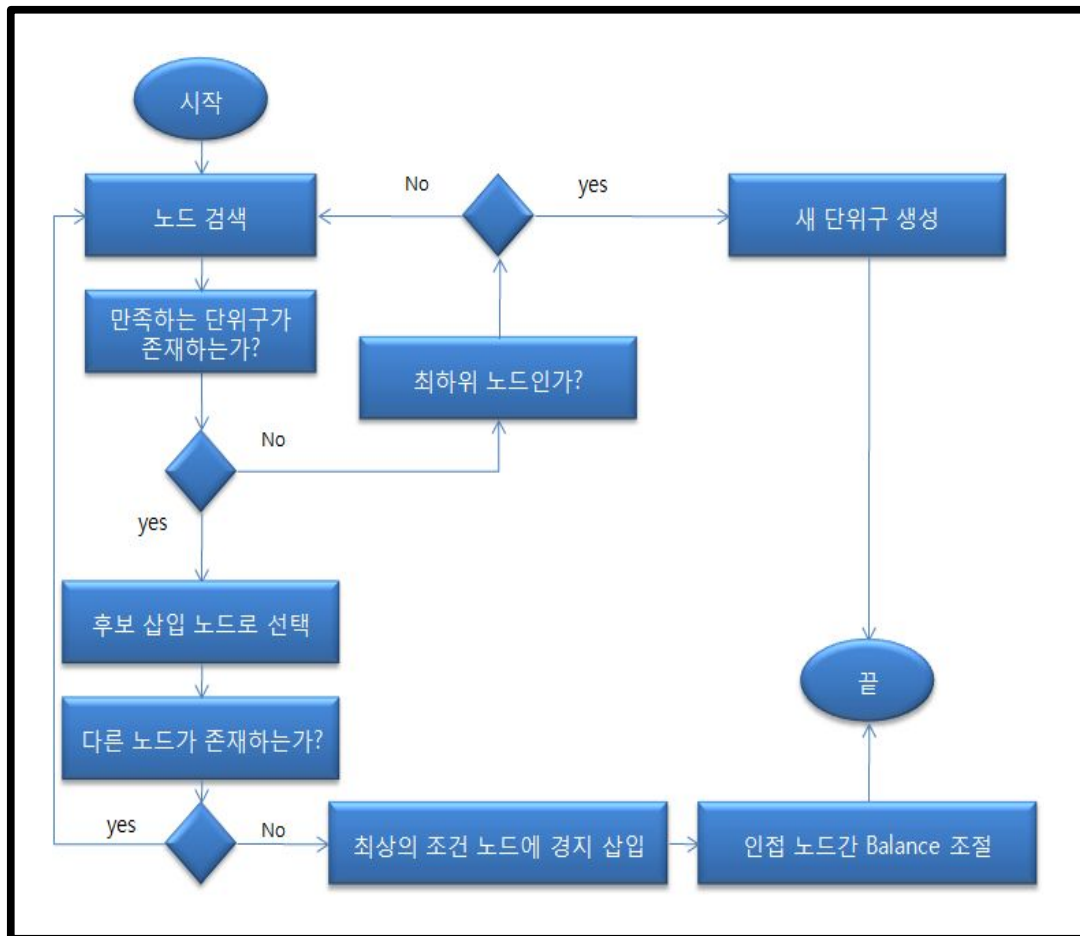
- 하나의 Feature를 기준으로 가장 적합한 단위구를 찾기 위해서는 이미 생성된 단위구는 적절한 기준하에 관리되어야 한다.



<그림 95> 단위구 관리 알고리즘

- 단위구의 상위 개념인 노드는 하위 단위구 혹은 노드의 인접 정보를 담고 있다.
- 경지가 새로 추가되면 경지에 인접되는 단위구를 가진 노드가 최상위부터 순차적으로 검색되며 최종적으로 가장 적절한 단위구에 삽입된다.
- 적절한 단위구가 존재하지 않는다면 현재 노드 아래 자체적으로 하나의 단위구를 이룬다.
- 새로 추가되는 경지가 인접한 단위구가 2개 이상일 경우, 추가되는 경지는 단위구 생성 조건의 최소 조건에 가장 근접한 단위구에 삽입된다.

- 새로 추가되는 경지가 인접한 단위구가 2개 이상이고, 인접한 단위구가 단위구 생성조건을 만족하고 있지 않았으며, 2개 이상의 단위구가 합쳐지거나 분할되어 새로운 단위구 생성조건을 만족한다면 새로운 단위구가 생성된다.



<그림 96> 경지 삽입 순서도

- 초기의 제안은 B+tree를 변형하여 자동으로 단위구 사이의 균형을 조절하고자 하였으나 B+tree에 맞는 균형 조절 조건이 정하기가 불가능하였기에 위와 같은 알고리즘을 사용하였다.

(5) 알고리즘 적용 결과 및 개선 방향

- <표 20> 에서와 같이 전체 알고리즘의 속도는 AABS 검색이 얼마나 빠른가에 달려있다.
- 전체 검색 속도를 빠르게 하기 위해서는 알고리즘의 구현이 멀티 프로세스 혹은 병력 처리 방식으로 되어야 하며, DBMS 또한 다중 처리를 지원하는 대용량 DBMS를 사용하여야 할 것이다.

<표 20> 단위구 모집단 자동생성 알고리즘 성능 결론

항 목	기 능	효 율	비 고
AABS 검색	DBMS를 통한 근접 경지 검색	경지 당 1.5초	DBMS 성능에 따름
정밀 검색	프로그램을 통한 포인트 비교	경지 당 0.001초	CPU 성능 따름
단위구 삽입	검색된 경지를 단위구로 삽입	성공률 90%	

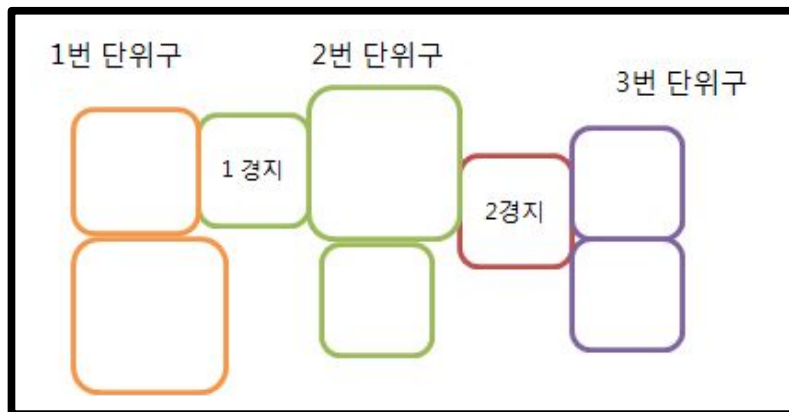
- 전체 검색 속도를 빠르게 하기 위해서는 알고리즘의 구현이 멀티 프로세스 혹은 병력 처리 방식으로 되어야 하며, DBMS 또한 다중 처리를 지원하는 대용량 DBMS를 사용하여야 할 것이다.
- 단위구 생성률 90%는 단위구 생성 조건에 따라 도보 횡단이 불가능한 도로 등 불가피한 조건과 단위구 생성 순서에 따른 이동 불가 등 알고리즘적인 제한이 동시에 나온 결과로 파악되었다.
- 도보 횡단이 불가능한 도로 등의 문제는 해결이 불가능하다 하더라도, 단위구 생성 순서에 따른 이동 불가 문제는 정밀한 인접 노드 간의 Balance 조절 기능이 개발되면 개선이 가능할 것이다.



<그림 97> Balance 조절 기능 A

<표 21> Balance 조절 순서 A

1. 1번 / 2번 과 인접 했으며 1경지를 1번 단위구에 붙여도 단위구 조건을 만족하며, 2번 단위구에 붙여도 조건을 만족한다고 가정한다.
2. 그러나 2번 단위구가 2ha에 근접하였으므로 2번 단위구에 더 어울림



<그림 98> Balance 조절 기능 B

<표 22> Balance 조절 순서 B

1. 2번 단위구가 이미 조건을 만족하였으니 2경지는 3번 단위구로 삽입
2. 3번 단위구가 단위구 생성 조건을 만족하지 못한다면 현재 단위구는 1개만 생성된 결과로 나타남.
3. 이상적인 경우는 1번 경지를 1번 단위구로 조정하고 2경지를 2번 단위구로 조정한다면 2개의 조건 만족 단위구가 존재 할 수 있다.

- 위의 그림과 같이 인접 노드 간의 Balance 조절은 현재 삽입되는 경지의 최선의 경지를 추구하게 됨으로써 발생할 수 있는 오차다.
- 현재 삽입되는 경지를 기준으로 하는 것이 아닌 인접한 모든 단위구를 조절하는 알고리즘이 개선된다면 100%에 가까운 성능을 보일 것으로 예측 된다.

6. 단위구 모집단 생성

(1) DB 생성 및 프로그램 사용과정

- 단위구 자동화 알고리즘에 의해 개발된 프로그램을 실행하여 단위구 모집단을 생성
- <표 23>은 단위구 모집단 생성을 위한 분류 결과물 DB 필드 정의서임

<표 23> 분류결과물의 DB 필드 정의서

항 목	정의	데이터타입
**_ID	모집단 생성을 위한 최종 파일의 Feature ID	정수
MAJORITY	분류된 결과물의 합성 결과	정수
EDIT_3rd	3차분류(육안판독) 후 수정된 결과	정수
AREA	최종 수정된 폴리곤의 면적으로 단위는 m ² 이며 소숫점 2번째 자리까지 표현	실수
CLASS	경작지항목	문자

- ID : 모집단 생성을 위한 최종 파일의 Feature ID
 - 최종 작업 후에 일련번호를 부여하여 중복되는 값이 없도록 함
 - ** 부분에는 대상지역을 확인할 수 있는 구분자를 명시(김포 -> KP_ID)
 - KP_ID필드의 경우 후에 후에 생성된 속성자료와 공간자료의 JOIN 작업 위한 key로 사용함
 - 필드이름이 단독"ID"인 경우에는 프로그램에서 사용하는 필드이름과 중복되므로 변경해 주어야함
- MAJORITY는 픽셀분류 결과와 객체기반 분류 결과의 합성 결과물로 육안판독하기 전의 결과임
 - 최종 파일인 경우 삭제해도 무관하며, 이력관리를 위해 남겨두었음
- EDIT_3rd는 육안 판독까지 완료된 결과물임
- AREA : 단위구의 면적을 계산하기 위한 각각의 필지(Segment)의 면적
 - 단위는 m² 이며 소수점 2번째 자리까지 표현함을 기준으로 하였음
 - AREA 필드의 경우 필드명을 대문자로 기입해야함
- CLASS : Edit_3rd 결과를 기준으로 프로그램에서 인식할 수 있게 논, 밭, 과수, 시설, 샛길 등의 항목으로 변경해준 결과물 임
 - CLASS 항목의 "샛길" 경우 경지와 경지사이의 기타 필지로, 단위구

생성시 누락되는 경지의 수를 최소화 하기위하여 인접이라고 판단 가능한 범위의 기타 필지에 대해 분류 결과 항목에 셋길이라는 속성으로 추가 입력하였음

- CLASS의 경우에도 필드명은 대문자로 기입하여야 함

○ 단위구 모집단 생성

- 최종 DB 수정이 끝나면 단위구 자동화 알고리즘에 의해 개발된 프로그램을 실행하여 단위구 모집단을 생성

- DB 정의서의 기준에 어긋남이 없이 자료를 수정 후에도 오류가 발생하는 경우 벡터자료의 Geometry 정보를 체크 한 후 다시 실행

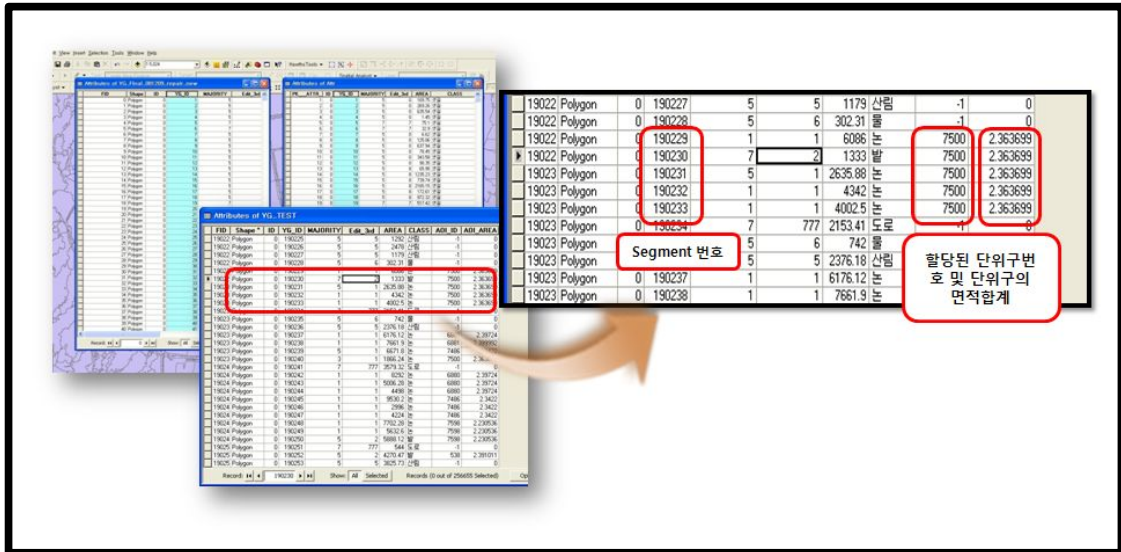
(2) 단위구 할당 결과 및 단위구 모집단 생성과정

○ 단위구 할당 결과는 최종분류 결과물의 DB에 추가되어 *.AOI.dbf 의 형태로 산출됨

○ 공간자료와 속성자료 조인

- 생성된 DBF로부터 공간자료와 동일필드(**_ID)를 기준으로 조인 작업을 거쳐 필지별로 할당된 단위구 명을 갖는 DB를 생성

- 두 개의 테이블을 조인하여 값이 중복되는 필드가 존재하는 경우 (중복인 경우 필드명_1로 표현됨) 하나의 필드를 삭제하여 DB 정리 작업 수행



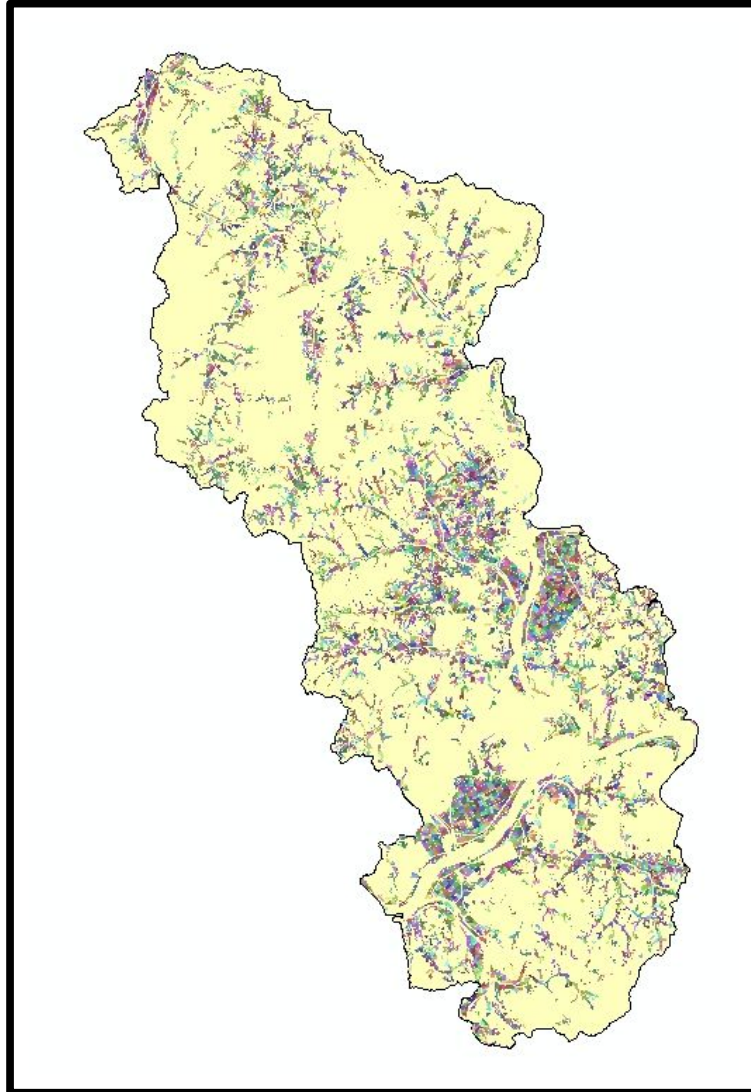
<그림 99> 단위구 할당 결과 DB 구축과정

○ Dissolve

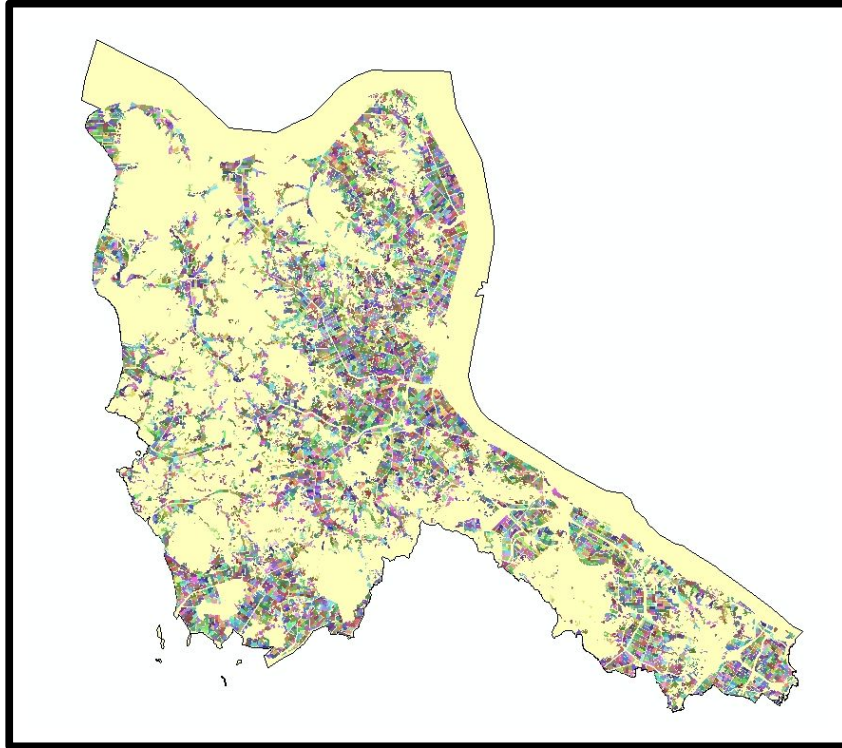
- 조인작업이 완료된 파일은 AOI_ID를 기준으로 Dissolve 작업을 수행하여 단위구 모집단을 생성하였음
- 결과물의 필드 중 AOI_ID가 할당된 결과를 나타내며, 결과 ID중 “-1”의 값은 경지로 분류되지 않은 항목을 의미하며 모집단 생성시 제외하고 작업을 수행
- AOI_AREA는 묶인 필드들의 면적의 합을 의미하며 면적의 값이 단위구 모집단 생성 기준에 어긋나는 경우 누락 필드로 간주

○ 다음 그림은 대상지역별 최종 생성된 단위구 모집단 결과를 나타냄

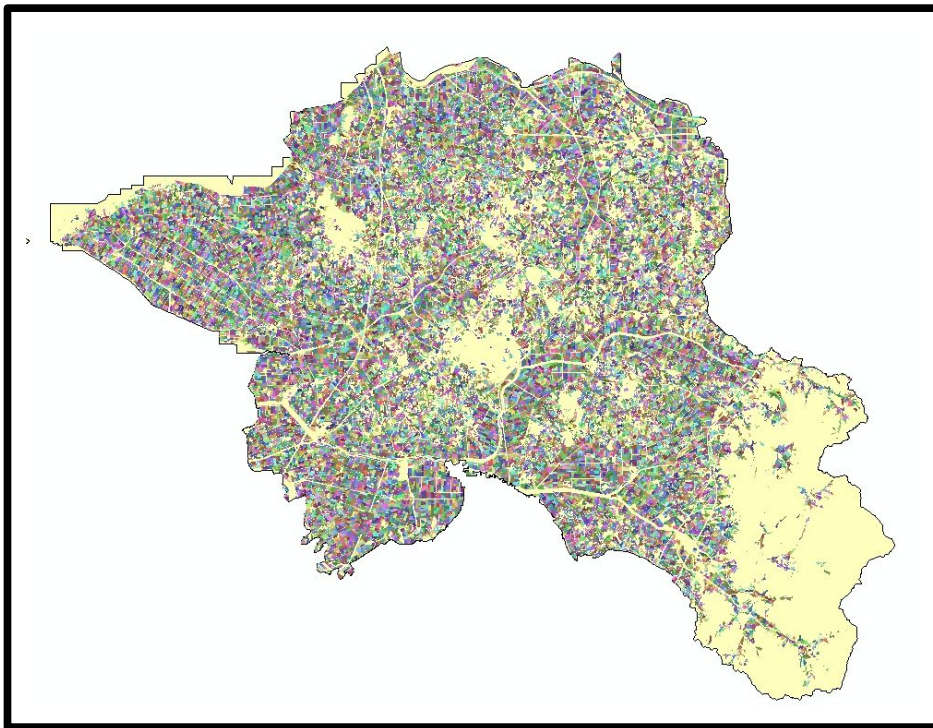
- 생성된 단위구를 AOI_ID별로 다른 색상을 주어 표현하여 제작하였음



<그림 100> 단위구 모집단 생성 결과 - 연기군



<그림 101> 단위구 모집단 생성 결과 - 김포시



<그림 102> 단위구 모집단 생성 결과 - 김제시

- <표 24>는 대상지별 생성된 단위구 수와 경지면적 대비 단위구 생성비율을 나타냄
 - 각각 김포 93.82%, 김제94.49%, 연기 83.22%의 필지가 단위구 모집단으로 구축되었으며, 3지역 전체의 생성된 단위구 모집단 면적은 전체 면적대비 약 92.37% 정도에 해당한다.

<표 24> 생성된 단위구 면적 및 비율

대상지역	단위구면적(A) (ha)	총경지면적(B) (ha)	생성된 단위구수 (개)	생성비율(A/B) (%)
김포시	8,972	9,563	4,099	93.82
연기군	7,148	8,590	3,208	83.22
김제시	28,870	30,552	13,275	94.49
계	44,990	48,705	20,582	92.37

7. 층화맵 제작

가. 개요

- 우리나라의 농업통계조사는 지적도를 기준으로 전국의 경지를 시·군별로 인접 필지끼리 약 2ha 크기로 묶어 단위구를 설정한 후 10년 단위로 조사대상 단위구를 표본추출하여 현장조사 하는 방법으로 진행되고 있음
- 표본 단위구 추출은 모집단 단위구에 11개로 구분된 층화지표에 의해 성격이 다른 층으로 분류하고 각각의 층별 표본 추출방법을 적용하여 사용하고 있음
- 그러나 원격탐사를 이용하여 경지 조사를 하는 경우 입수된 영상의 Quality에 따라 판독 가능한 작물의 종류 및 정도가 제한되어 있음
- 특히, 본 사업에서 사용된 KOMPSAT-2 위성영상의 경우 동급 해상도에

비해 관독 가능한 품목이 제한적임

- 따라서 본 연구에서는 위성영상에서 관독 가능한 경지의 종류를 파악하고 이에 적절한 층화기준을 제시함

나. 신 층화기준(안)

○ 신 층화기준(안)

- 기존 11개 층으로 나뉘어 있던 층화기준을 총 5개 층으로 나눔
- 1층 : 벼의 비율이 100% 인 단위구
- 2층 : 벼의 비율이 50%이상~100% 미만인 단위구
- 3층 : 벼의 비율이 0%이상~50% 미만이며 작물의 형태는 밭인 단위구
- 4층 : 벼의 비율이 0이상~50% 미만이며, 과수면적이 6,600㎡인 단위구
- 5층 : 벼의 비율이 0이상~50% 미만이며, 시설이 3,300㎡인 단위구

기존 층화방법						신 층화방법(안)			
층	층화기준		층	층화기준		층	층화기준		층화기준 내용
	논비율 (%)	작물 재배형태		논비율 (%)	작물 재배형태		논비율 (%)	작물 재배형태	
1	100	벼	7	0~50 미만	조미채소 (고추, 마늘, 양파, 기타조미채소)	1	100	벼	
2	50~100 미만	벼	8	0~50 미만	특·약용	2	50~100 미만	벼	
3	0~50 미만	맥류	9	0~50 미만	과수	3	0~50 미만	밭	
4	0~100 미만	시설작물	10	0~50 미만	기타작물	4	0~50 미만	과수	과수재배면적이 6,600㎡ 이상인 단위구
5	0~50 미만	식량작물 (두류, 잡곡,서류)	11	0~50 미만	기타	5	0~50 미만	시설작물	시설작물 재배면적이 3,300㎡ 이상인 단위구
6	0~50 미만	채소류 (엽채, 과채, 근채, 기타 일반채소)							

<그림 103> 층화기준 변경

- 생성된 모집단을 신 층화기준(안)에 맞게 층화
 - 모집단 단위구별 층의 계산은 Microsoft Office Excel을 이용하였음

○ 지역별 신 층화기준(안)에 의해 생성된 층별 단위구수는 아래와 같음

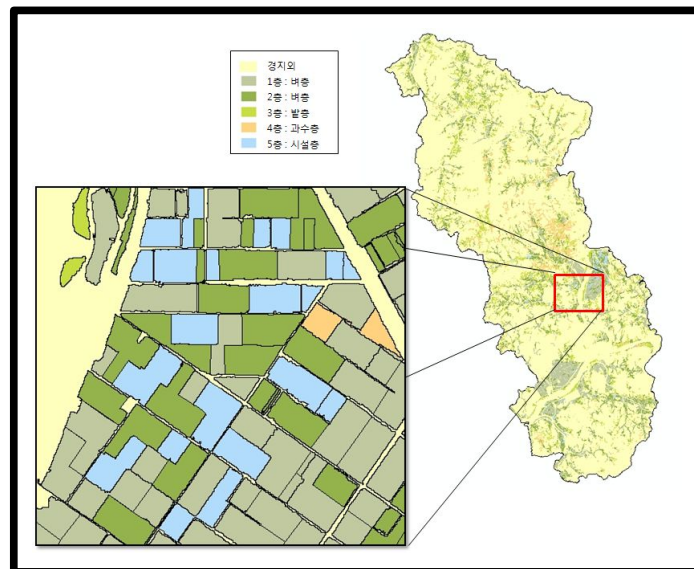
<표 25> 층별 단위구 수

대상지역	1층	2층	3층	4층	5층	계
김포시	1,951	1,166	799	82	101	4,099
연기군	871	1160	695	423	58	3,207
김제시	7,525	2,799	2,400	372	179	13,275

** 층별 단위구수는 단위구 모집단 기준에 의해 적합하다고 판단되는 단위구에 대해서만 계산하였음

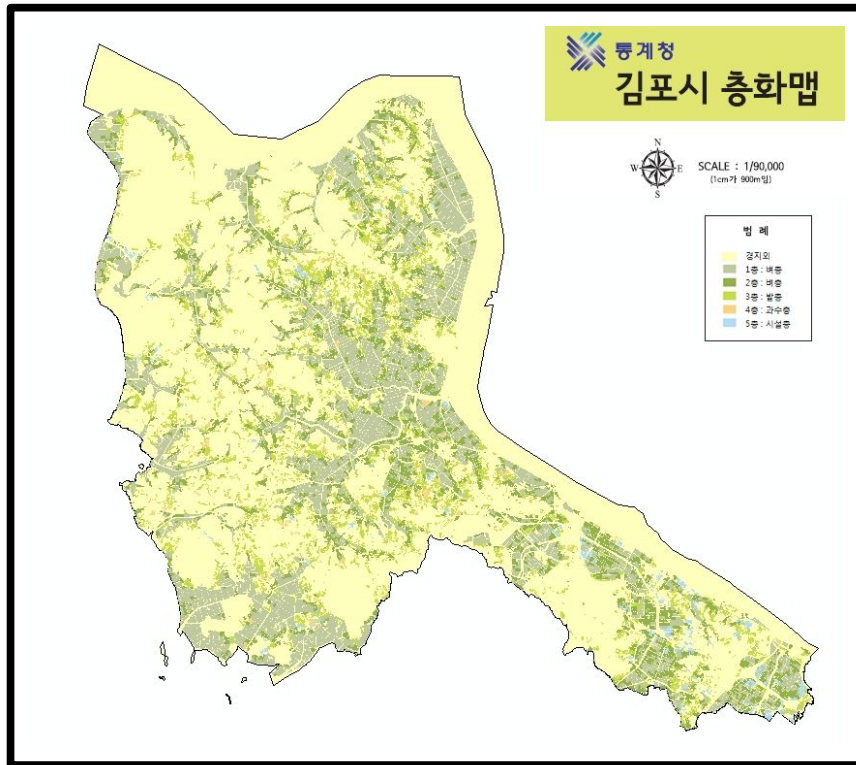
다. 층화맵 제작

- 층화맵이란 모집단 단위구를 층화지표에 의해 5개 층으로 구분하고 각 층을 동일한 색으로 표현한 지도임
- 신 층화기준(안)에 의한 층화맵을 제작하였음
- 생성된 모집단 단위구 ID별 층 계산 결과를 DBF의 포맷으로 변환하여 기존 단위구 모집단 공간자료와 조인작업한 후 동일한 속성을 갖는 층을 같은 값으로 표현하여 층화맵을 제작하였음

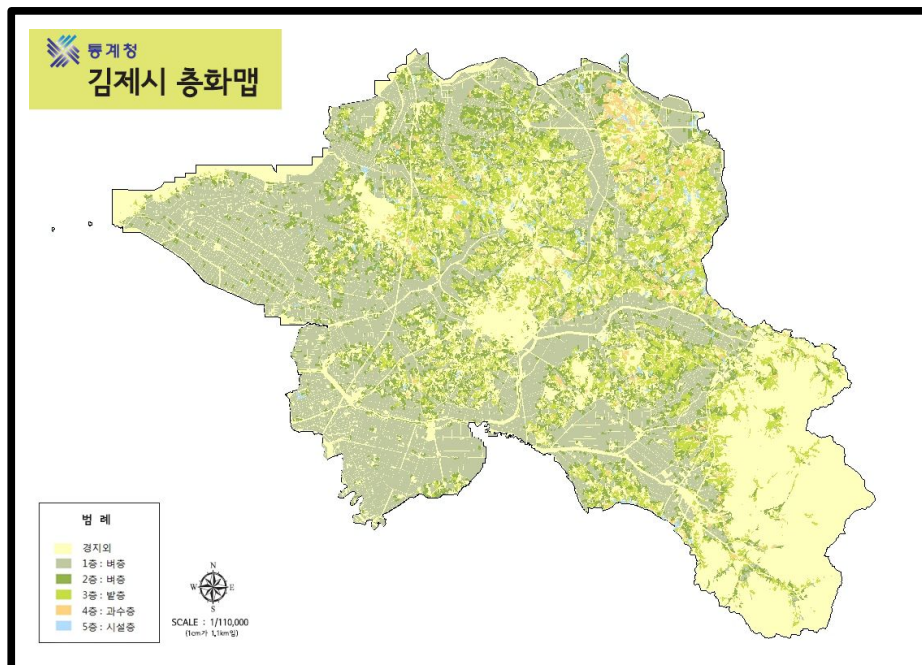


<그림 104> 신 층화기준(안)에 의한 층화맵과 부분확대

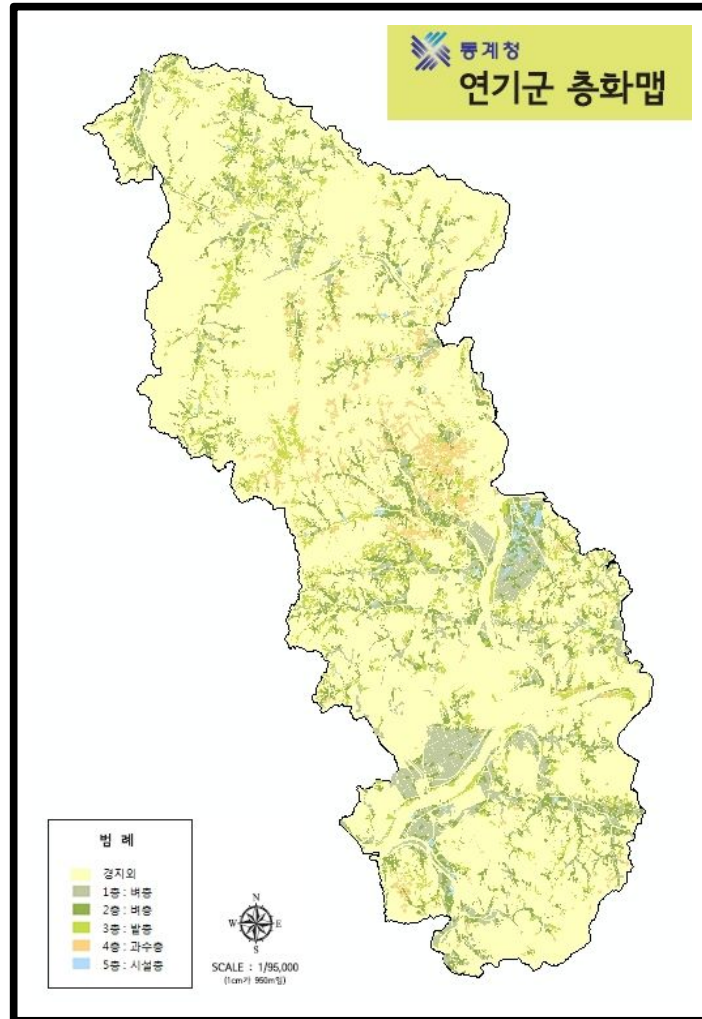
○ 다음은 시범연구 대상지의 층화맵 제작 결과임



<그림 105> 신 층화기준(안)에 의한 층화맵 - 김포시



<그림 106> 신 층화기준(안)에 의한 층화맵 - 김제시



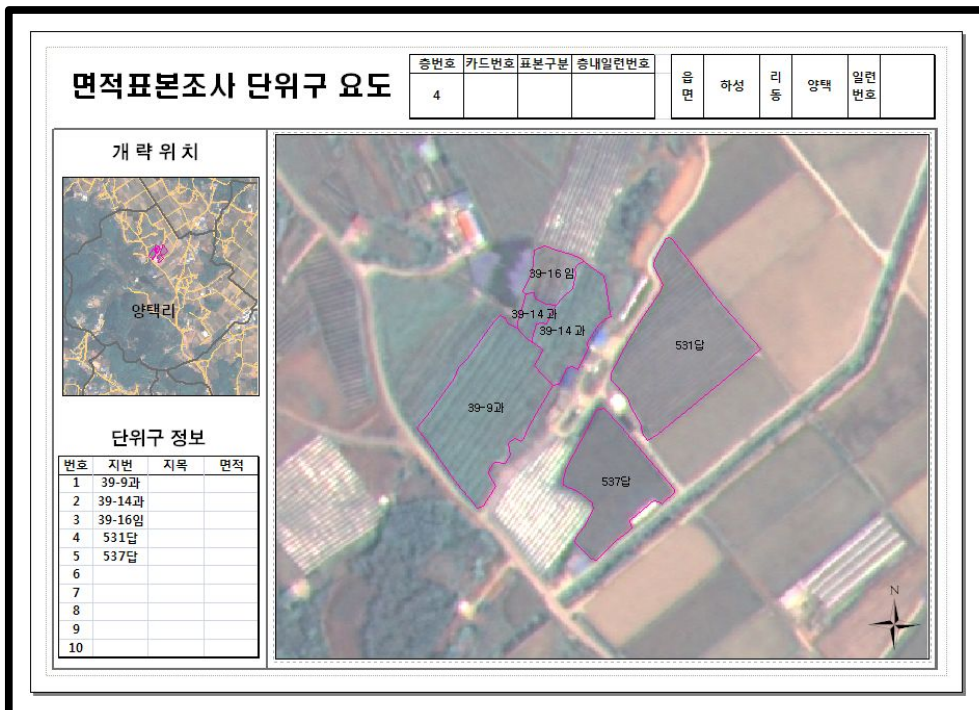
<그림 107> 신 총화기준(안)에 의한 총화맵 - 연기군

8. 표본 단위구 추출 및 필지분할

- 5개의 층별로 총화된 단위구에서 표본 단위구를 추출하는 방법은 통계청의 표본배정원칙을 따름
- 표본 단위구는 ‘시·군별 층별 공통 표본가중치’를 적용하여 표본 추출율을 구하고 시·군별 층별 단위구모집단 수에 표본 추출율을 곱하여 층별 최소표본 단위구수를 산출
- 단위구는 객체기반 분류의 세그먼트 폴리곤으로 생성되어있지만 각각의 농경지가 순수경작지, 규반 등이 따로 생성되어 일반적인 농경지 형태의

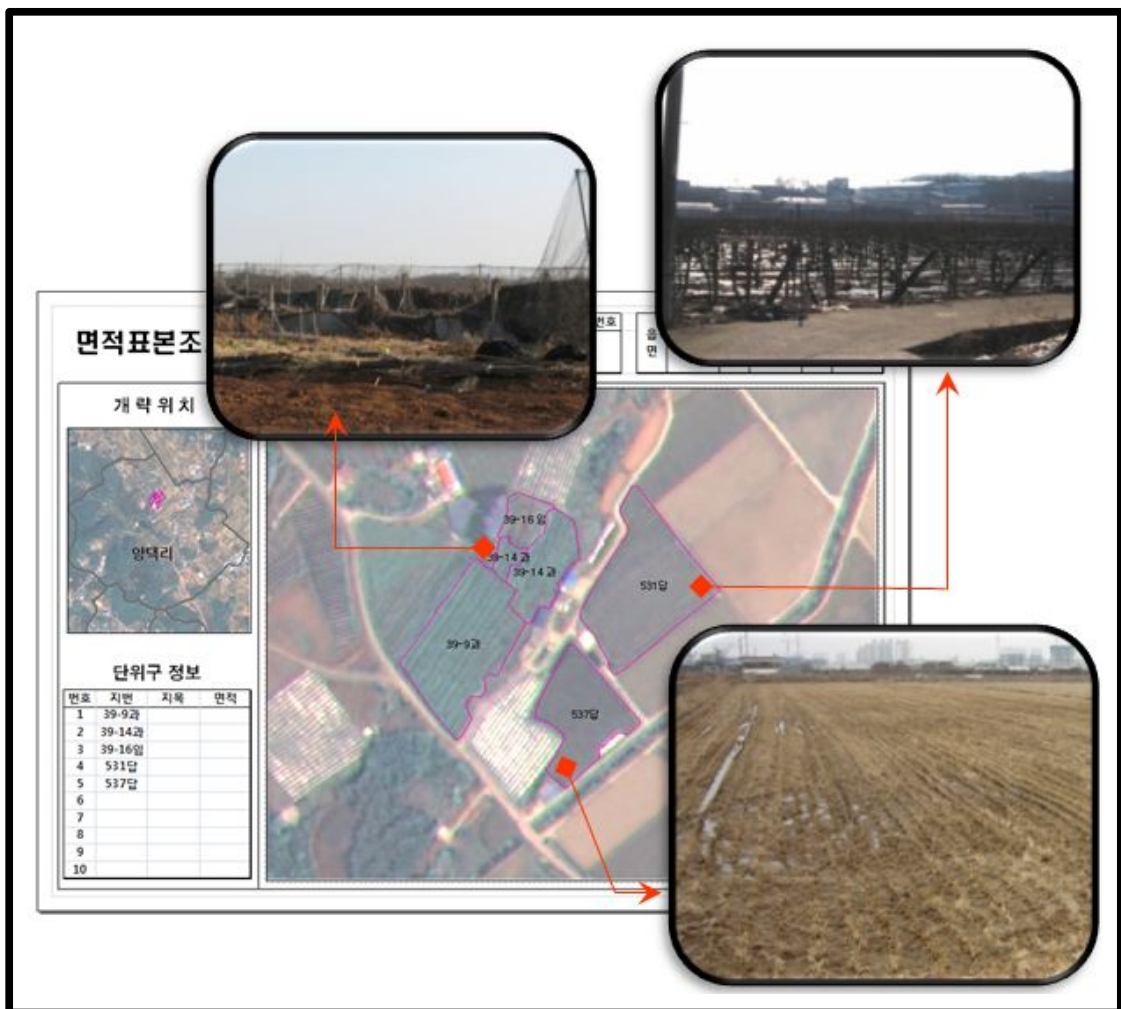
폴리곤이 아니며 조사에 적합하지 않은 폴리곤의 형태임

- 시·군별 층별 단위구모집단에서 최소 표본 단위구 수를 무작위 추출한 후 추출된 표본 단위구에 대해서는 경지의 벡터라이징을 실시
- 벡터라이징된 경지폴리곤에 일련의 관리번호를 부여하기 위해 지적도의 지번을 조인하여 부여
- 표본 단위구의 현장조사를 위해 현 요도와 비슷한 형태의 요도를 GIS프로그램인 ArcGIS에서 작성
- 표본 단위구의 요도의 기본지도는 위성영상을 이용하며 농경지 폴리곤은 위성영상위에 구분이 잘되는 색상으로 작성하며 위쪽이 언제나 북쪽을 향하게 작성
- 개략위치는 표본 단위구가 위치하는 “리”에서 표본 단위구의 대략적 위치를 가늠할 수 있게 하며 도로정보를 표시하여 접근성을 알 수 있게 함
- 작성된 요도에는 표본 단위구에 대한 층정보와 행정구역정보를 기입. 또 개략위치와 관리번호로 이용될 지번에 대한 정보도 기입되어야 함



<그림 108> 김포시 과수층 표본 단위구 요도 샘플

- 작성된 요도를 바탕으로 적절한 표본 단위구로 생성되었는지 확인하기 위하여 현장조사를 실시
- 벡터라이징된 농경지의 형태가 정확한지 확인하고 각 필지의 농업적 이용을 확인하는 사진을 찍음
- 위성영상의 촬영시기와 현장조사 시기의 차이가 많이 나는 경우 경지의 이용현황이 달라질 수 있음



<그림 109> 표본 단위구의 현장조사

9. 위성영상분류결과에 의한 경지면적 추출결과

- 육안판독이 완료된 분류지도를 다시 raster 화하여 농경지별 면적을 산출
- 세 지역의 농경지별 면적은 다음 표와 같음

<표 26> 농경지별 면적

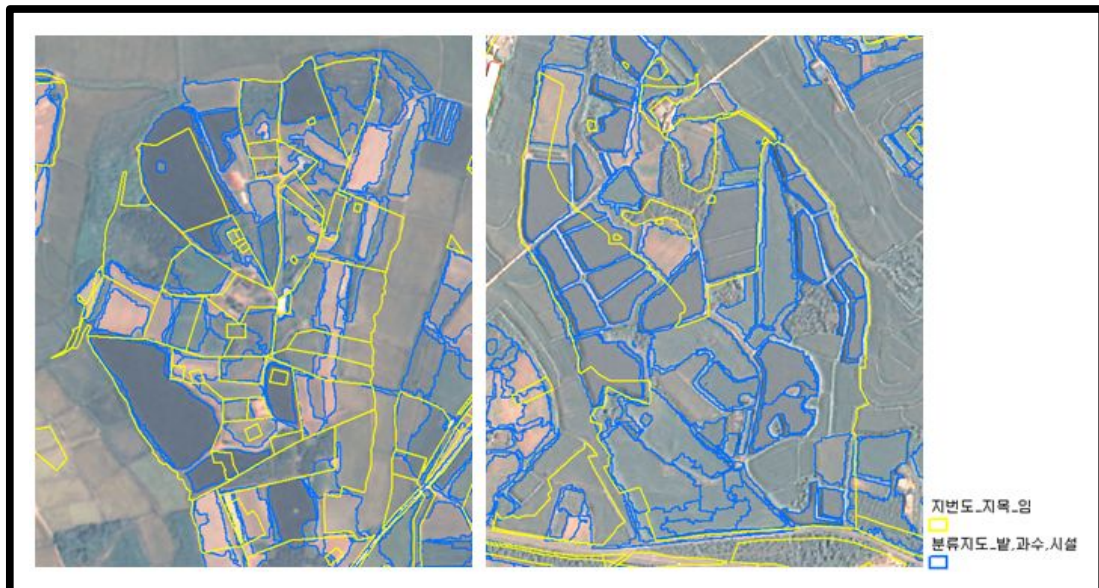
농경지별 면적(ha)	김포시	연기군	김제시
논	6994.7	5051.9	23235.9
밭	2115.7	2362.0	6172.9
과수	225.1	970.8	773.6
시설	227.1	205.8	368.8
총경지	9562.6	8590.5	30551.1

- 통계청의 KOSIS자료, 토지대장, 지적도의 폴리곤의 면적을 위성영상으로 분류한 경지면적과 비교. 분류된 농경지중 통계청의 밭은 밭과 과수, 시설을 모두 포함하고 있으므로 최종 분류된 영상에서도 밭과 과수, 시설을 합하여 비교하였음

<표 27> 각 자료별 경지면적 비교

면적자료 구분	김포시(ha)	연기군(ha)	김제시(ha)
토지대장	총 경지면적 : 10,834 논 : 8,103, 밭 : 2,731	총 경지면적 : 9,805 논 : 6,016, 밭 : 3,789	총 경지면적 : 28,306 논 : 22,518, 밭 : 5,788
통계청자료 (KOSIS자료)	총 경지면적 : 9,638 논 : 6,995, 밭 : 2,643	총 경지면적 : 8,488 논 : 5,362, 밭 : 3,126	총 경지면적 : 28,325 논 : 23,977, 밭 : 4,348
연속지적도 (폴리곤 면적)	총 경지면적 : 10,717 논 : 8,139, 밭 : 2,578	총 경지면적 : 9,266 논 : 6,048, 밭 : 3,218	총 경지면적 : 28,225 논 : 22,498, 밭 : 5,727
위성영상 판독	총 경지면적 : 9,563 논 : 6,995, 밭 : 2,568	총 경지면적 : 8,590 논 : 5,052, 밭 : 3,538	총 경지면적 : 30,551 논 : 23,236, 밭 : 7,315

- 김포시와 연기군의 경우 위성영상으로 판독한 농경지 면적은 KOSIS자료와 비슷하였으나 토지대장이나 지적도 폴리곤의 농경지 면적보다는 적게 도출되었음
- 김제시의 경우 위성영상으로 분류된 농경지 면적이 가장 컸고, KOSIS와 토지대장, 지적도 폴리곤의 농경지 면적이 뒤를 이음
- 김포시의 경우 위성영상에서 분류된 면적과 통계청의 면적이 비슷하게 도출됨
- 연기군의 경우 논 면적이 많은 차이를 보였는데, 행정중심복합도시가 건설 중으로 논 지역에 공사가 진행되고 있었으므로 위성영상에서의 논 면적이 줄어든 것으로 해석됨
- 김제시의 경우 위성영상으로 산출된 밭의 면적이 통계청의 자료보다 약 1.5배 이상 많이 도출됨
- 김제시의 경우 지적도에서 지목이 “임”인 곳에 농경지로 이용되는 사례가 많았음<그림 110>



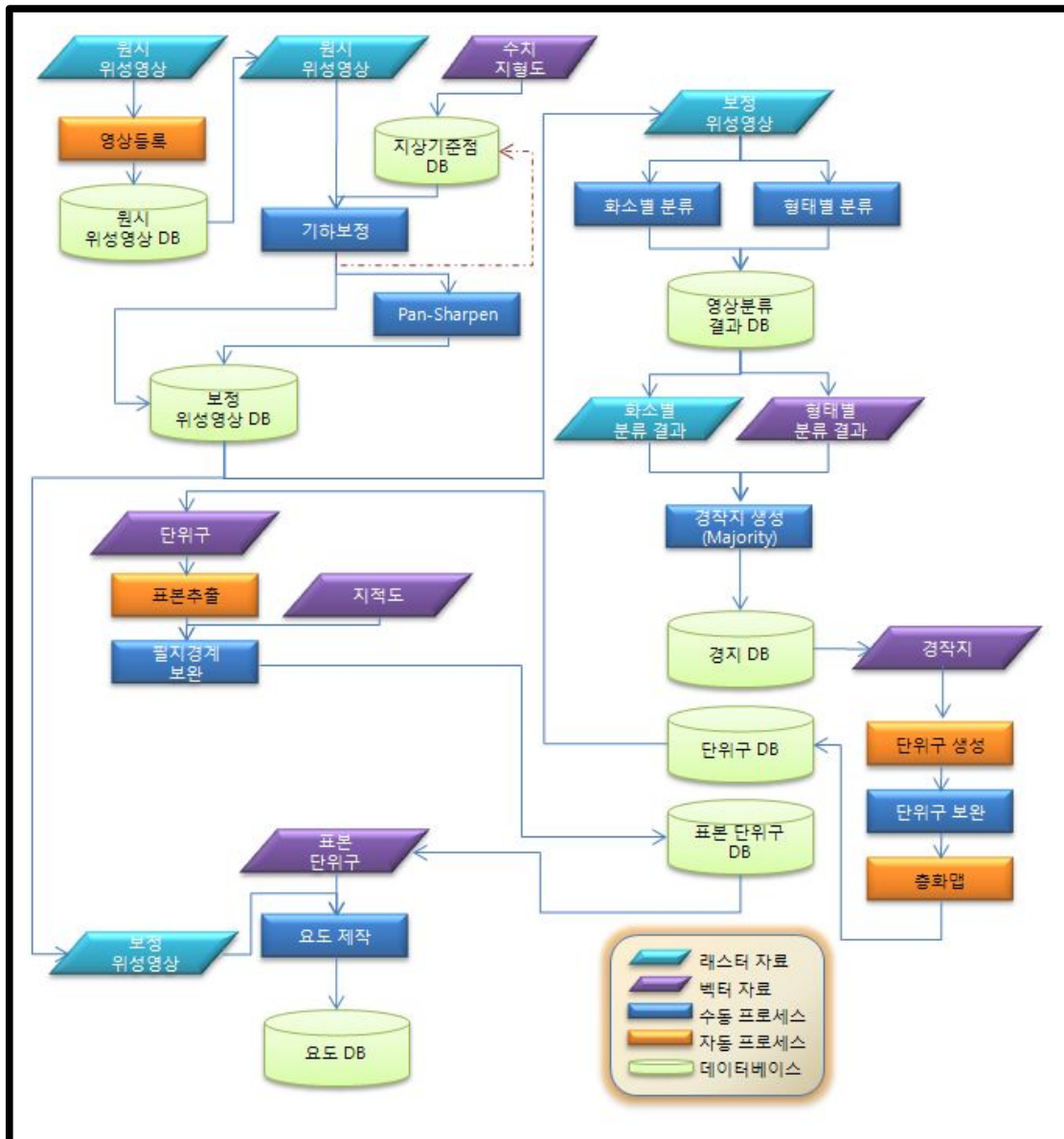
<그림 110> 지목이 “임”인 곳의 농경지 이용

- 밭, 과수, 시설로 분류된 필지의 지목이 “임”인 면적은 김제 2,451ha, 김포 493ha, 연기 810ha 임
- 김제가 낮은 구릉에 다양한 농경지 이용을 하므로 위성영상 관독시 밭의 면적이 다른 데이터에서 보다 많이 도출된 것으로 사료됨
- 또한 김제의 경우 취득된 영상의 시기가 식생의 활력도가 높은 7월과 8월로 집중되어 있기 때문에 휴경지와 구분 어려워 밭의 면적이 과대 도출된 것으로 사료됨

제 4 장. 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 추진방안

1. 표준 업무 프로세스

- 원격탐사를 이용한 경지총조사 수행시 작업 단계별 표준 업무프로세스를 정의하면 아래 흐름도와 같다.



<그림 111> 원격탐사를 이용한 경지총조사 표준 업무프로세스

2. 원격탐사를 이용한 경지총조사

가. 영상의 선정방법

○ 위성영상 검색

- 위성영상 검색을 하기 전에 대상지 영역의 경위도 좌표 확인
 - 대상지역 대상지역의 시군구 영역이 모두 포함되는 영역의 상/하단 위도 값과 좌/우측 경도 값을 확인
 - 대상지 영역 좌표를 확인하는 경우 좌표를 확인할 수 있는 모든 자료를 사용해도 무관함
- 위성영상 배포처의 홈페이지에 접속하여 KOMPSAT-2 위성영상 검색
 - 위성의 종류와 센서의 종류를 설정
ex) Satellite : Kompsat2, Senser : Select All
 - Search Rectangle - 검색할 영상의 위경도 범위를 설정
(Top, Bottem, Left, Right-상/하단 위도 값과 좌/우측 경도 값을 입력)
ex) Top : 37.160, Bottem : 35.545, Left : 127.730, Right : 35.545
 - Search Interval - 촬영일자 범위를 설정
ex) 2007년 5월1일 ~ 2007년 10월 30일
 - 촬영일자 선택시 관독하려는 작물의 지역별 생육시기를 고려하여 검색 일자를 지정함. 벼 경작지 혹은 일반적인 밭 작물의 경우 5월 중순에서 10월 중순 정도의 시기가 적절

○ 경지총조사 수행을 위한 적정 위성영상 선별 방법

- 검색 결과에서 메타 정보와 썸네일을 확인하여 영상을 선별
 - 사용가능영상, 소량의 덩어리 구름이 있는 영상, 구름이 있으나 영상의 1/2 이상이 사용가능한 영상, 덩어리 구름이 산재해 있으나 산쪽에

- 위치해 농경지 관독에는 문제가 없는 영상, 열은 연무가 있는 영상, 연무가 심하나 보조자료로 사용가능한 영상 등의 분류 기준에 따라 영상의 수준을 나누고 가장 좋은 영상부터 사용 우선순위를 둠
- 생육시기의 영상 중 만족하는 영상이 없는 경우 가능한 구름이 없는 (Cloud Free) 자료를 선별하여 사용하되, 생육시기의 영상 중 구름이 포함되어있는 영상을 추가로 입수하여 참조자료로 활용

○ 영상주문

- 선별된 영상은 메타자료 검색 결과 창을 통해 신청하거나 검색된 결과 ID를 확인하여 주문
- 현재 영상 배포처에서는 기하보정 처리를 거친 1G Level 영상을 기본으로 제공하고 있으며, 이 영상은 분배주문 과정을 거쳐 신청할 수 있음
- 추후 영상 배포처에서 처리 단계별로 위성영상을 제공하는 경우 제품 생산 주문과정에서 처리 단계를 선택하여 주문

나. 영상의 처리과정

(1) 참조자료구축 및 위성영상 처리

○ 참조자료 구축

- 위성영상 보정을 위한 참조자료
 - 입수된 위성영상 기하보정을 위하여 참조자료로 수치지형도를 기본으로 하며, 수치지형도 미제작 지역의 경우 한국토지공사에서 KLIS 지형도를 협조받아 사용
 - 국토지리정보원에서 제작하여 공급하는 1/5,000 수치지형도를 사용하는 경우 도로 레이어 및 기타 사용가능한 레이어를 추출하여 참조자료를 구축

- 참조자료는 최종 결과물의 좌표계로 제작함을 원칙으로 하는데, 원시 자료의 좌표계가 결과물의 좌표계가 다른 경우 원시자료의 정보를 확인하고 고시된 Parameter를 사용하여 좌표변환을 실시 후 사용
- Signature 선정을 위한 참조자료
 - 작물재배조사표 와 표본 단위구 요도는 각 지방통계청 출장소를 방문·입수하여 사용
 - 작물재배면적조사표에는 3월, 5월, 7월, 9월, 11월의 작물 내용이 기록되어 있으므로, 영상의 촬영일자와 맞는 시기의 작물 재배면적 조사 내용을 디지털화하여 참조자료를 구축
 - 표본 단위구 요도는 지적도에서 현행화 되어있지 않는 지역에 대해 현장 상황을 반영한 자료이므로, Signature 선정시 공간에 대한 참조자료로 사용

○ 위성영상 처리

- 입수된 위성영상을 사용하려는 Software의 자체 포맷으로 변환
- 참조자료를 사용하여 지상기준점을 선정하여 기하보정 작업 수행
 - 1/5,000 수치지형도를 이용하여 제작한 Reference map과 위성영상과 동일한 위치를 찾아 지상기준점을 선정하며, 도로교차점의 중심, 경계 교차점의 중심, 인공구조물의 모서리 등을 지상기준점 선정 대상으로 함
 - 지상기준점은 전체영역에서 고르게 분포하여야 하며, 각 지상기준점 x,y의 Residual이 2~3 pixel범위 이내에서 최소 12점 이상 선정하도록 함
 - 기하보정 작업 시 일반적으로 3차 이상의 식은 사용하지 않으며, 편지의 경우 1차식, 산지인 경우 2차식을 사용하는 경우 정확도가 높음
- 지상기준점 선정 후 최종 결과물 생성 시 픽셀 분류를 위한 기하보정

- 결과물의 경우 Nearest Neighbor 방법을 객체 분류를 위한 기하보정 결과물인 경우 Cubic Convolution 방법을 사용하여 결과물을 제작
- 기하보정이 완료된 각각의 영상은 촬영 일자가를 확인하여 같은 영상끼리 모자이크 작업을 수행
 - 모자이크 작업시 영상처리 툴에서 자동으로 제공하고 있는 모자이크 방법을 사용하여 모자이크 영상을 생성함
 - 모자이크가 완료된 영상은 영상끼리의 인접부분을 확인하여 영상이 어긋남이 없는지 확인 후 사용
- 방사해상도를 변환하는 작업을 수행
 - Cubic Convolution 방법으로 Resample 된 영상은 객체기반 분류 작업을 위해 방사해상도를 변환하는 작업을 수행
 - 방사해상도의 변환된 영상은 육안판독 작업 시 참조영상으로도 사용
- Subset 영상 제작
 - 객체기반 분류 작업을 수행하기 위해 KOMPSAT-2 위성영상 1 Scene에 해당하는 영역만큼씩 영상을 분할하는 작업 수행
 - 영상 분할 작업을 수행하는 경우 객체기반 분류 결과물의 편집을 고려하여 중첩 영역을 두어 분할함

(2) 영상분류

○ 화소기반 영상분류방법

- 화소기반 영상분류는 RS Tool에서 감독분류를 실시
- 팬과 멀티로 융합(Pan-Sharpned)되고 같은 날짜의 같은 path로 병합(Merge)된 영상을 이용
- 분류하고자 하는 영상을 충분히 판독한 후 분류항목을 정함
- 영상에서 분류의 기준이 되는 훈련지역(Signature)를 수집함
- Signature는 영상에서 균질한 화소값을 가진 지역으로 정함

- 분류 항목별로 충분한 세부분류항목의 Signature들을 훈련지역으로 생성한 후 Signature 파일을 저장.
- 본 연구의 농경지 분류항목의 각 세부 분류항목은 다음과 같은 지역을 포함하였음
 - 논 : 벼가 생육중인 논, 물을 댄 논, 식생이 생육중이지 않은 논(겨울 영상), 보리·밀이 생육중인 논(겨울·봄영상), 미나리가 생육중인 논(봄영상)
 - 밭 : 식생이 생육중인 밭, 차양이 덮혀져 있는 인삼밭, 유휴지가 아닌 나지의 형태로 재배를 준비 중인 밭, 높이1m 이하의 묘목밭, 멀칭된 밭
 - 과수 : 어린 감나무, 뽕나무
 - 시설재배지 : 비닐을 덮은 과수, 영상에서 비닐로 분류되는 것(시설안의 이용형태는 고려하지 않음)
- 감독분류의 방법은 Non-parametric Rule을 Parallelepiped로, Parametric Rule을 Maximum Likelihood로 선택하여 분류함.
- 분류된 영상은 세부 분류항목을 각 분류 항목별로 같은 색상으로 바꾸어 준 후, 훈련지역과 그 외의 지역에 분류가 잘 되었는지 확인
- 세부분류항목의 Value값을 분류항목의 Value값으로 바꾸는 Recode를 실시함. 즉 paddy: 1, Field: 2, Orchard: 3, Vinyl: 4, Forest: 5, Water: 6, Manmade:7로 새로운 분류항목의 Value 값을 정한 후 각 Row에 해당하는 세부 분류항목의 Value를 분류항목의 Value에 따라 다시 바꾸어주는 것
- Value를 바꾼 영상을 저장한 후 다시 분류영상을 열어 분류항목마다 Color를 다시 주어 정해진 색과 동일하게 분포되어 있는지 확인

○ 객체기반 영상분류방법

- Pan-sharpened 된 8bit 위성영상을 사용하여 객체기반 분류 작업을 수행
- 객체 기반 분류 작업시 사용되는 Software는 Region growing 분류 방식을 지원하는 프로그램을 사용하여야하며, 위성영상의 다양한 상태를 고려하여 사용자가 변수를 설정할 수 있도록 지원하는 프로그램을 사용
- 객체기반 분류 작업시 프로그램 옵션에 대한 변경은 충분한 테스트를 수행하여 결정하고, 정보가 없는 경우 Default 값을 사용
- Definience image사의 Developer7을 사용하여 객체기반 분류작업을 수행하는 경우 Scale parameter 값을 50으로 하여 Segment를 생성
 - Scale 및 parameter는 영상의 상태 및 촬영시기에 따라 달라지므로, 여러 Level의 테스트를 통해 분류하고자하는 항목을 가장 잘 반영하는 옵션을 선정하여 사용

○ 객체기반 분류 결과의 편집

- 촬영일이 동일한 영상끼리의 생성 결과물 편집
 - 중복을 주어 분할한 영상에 의해 생성된 Segment의 경우 위성영상 중복 영역에서 완벽하게 일치하는 영역을 확인하고, 이를 기준으로 서로 다른 Segment를 제거하는 하는 방법으로 편집을 수행
- 촬영일이 다른 영상끼리의 생성 결과물 편집
 - 영상끼리의 중복된 영역을 중심으로 수계나 도로 등 변화가 빈번하게 발생하지 않는 지형지물을 이용하여 경계를 생성
 - 도로나 수계 등 경계로 사용할만한 지형지물이 없는 경우 초지·나지 및 산림지역 등을 모자이크 라인으로 생성하여 본 연구 목표인 경작지에 변화가 생기지 않도록 기준을 설정하여 편집 작업을 수행
- 편집이 완료된 결과물에서 인접되는 부분에 누락되는 자료가 없는지

확인

○ 영상분류 결과의 합성

- 픽셀기반 분류 결과와 객체 기반 분류 결과를 합성하기 위한 방법으로 Majority를 이용함
 - Majority는 여러 가지 RS Tool에서 제공하고 있음
 - Software에 따라 벡터자료의 용량 제한이 있는 경우 면단위로 분할하여 작업해도 무관
 - 전체 시군구를 하나로 작업하는 경우에는 시간이 많이 소요되므로, 면단위로 분할하여 작업하면 시간을 절약할 수 있음
 - 작업 영역을 분할하는 경우 분할 영역 단위로 벡터를 CLIP 하여 작업하면 다시 합치는 작업을 수행해야하므로, 분할 단위 경계에 선택되는 공간자료를 뜯어내는 방법으로 파일을 분할하여 Majority 작업을 수행함

○ 육안판독에 의한 편집

- Majority가 적용되고 시·군 전체로 병합(Merge)된 분류지도는 고해상도 참조자료, 현지조사자료 등과 비교하여 스크린 상에서 육안 판독하여 편집·수정하는 일련의 과정을 거침
- 육안판독에 의한 편집은 영상과 Vector를 함께 편집할 수 있는 GIS Tool에서 실행
- 논, 밭, 과수, 시설재배지를 중심으로 잘못 분류되어지는 경우에 대해 편집하며 육안판독의 편집 및 수정은 분류에 이용된 KOMPSAT-2 영상의 현상태를 기준으로 함
- 농경지 분류항목의 속성이 잘못 들어간 경우 다음 기준에 의해 속성 Table을 편집함

<표 28> 육안판독기준

논	6월 초 영상에서 논에 벼가 식생활력도가 왕성하지 않아 밭작물로 잘못 분류된 곳을 육안판독 후 편집
	논에 물이 대어져 있는 영상에서 논을 분류시 습지가 논으로 오분류되는 것을 육안판독 후 편집
	겨울영상에서 나지가 논으로 오분류된 경우 육안판독하여 초지로 편집
	논에 물을 댄 영상의 경우 고속도로와 같은 아스팔트도로가 논으로 오분류될 수 있으므로 편집
밭	초지가 식생활력이 높아 밭으로 분류된 경우 육안판독을 통해 초지로 편집
	차양이 있는 인삼밭의 경우 물과 비슷한 반사값을 가지므로 물로 잘못 분류된 인삼밭을 편집
	수풀이 우거진 농수로의 경우 밭으로 오분류되어 있으므로 수역으로 편집
	식생이 있지 않으나 재배준비중인 밭의 형태는 밭으로 편집
과수	겨울영상에서 산림이 무성하지 않은 활엽수 부분이 과수원으로 오분류된 경우 육안판독으로 편집
	산림에 인접해 있는 과수원이 산림으로 오분류된 경우 과수원으로 편집
	식생활력도가 높은 초지가 과수로 오분류된 경우 육안판독을 통해 편집
시설재배지	도심지의 반사값이 높은 건물이 시설재배지로 오분류된 경우 육안판독을 통해 편집
	시설재배지가 구조물로 오분류 되는 경우 육안판독을 통해 편집

- 객체기반분류가 토지피복의 형태가 다른 두 필지를 잘못 묶은 경우 필지 폴리곤을 나누어 주고 각각의 속성을 넣어줌
- 농경지 클래스의 면적이 2ha가 넘는 경우 해당폴리곤을 잘라 1ha이하의 폴리곤으로 편집함
- 편집이 완료된 분류지도는 RS 또는 GIS Tool을 이용하여 Thematic

레이어의 Raster로 변환

○ 정확도검증

- 정확도 검증은 변환된 Raster 형식의 분류지도를 이용하여 RS Tool에서 실행
- 정확도 검증에 이용된 표본크기를 정한 후 정확도 검증에 필요한 검수점을 무작위로 추출함
- 현장조사나 데이터력을 위해 무작위로 추출된 검수점의 좌표를 저장함
- 검수점을 분류영상위에 띄운 후, 위치에 해당하는 분류영상의 Value를 불러들이고 검수점 위치의 Reference로 이용될 현장조사 혹은 육안판독에 의한 Value를 기입함
- 영상의 Value와 Reference Value를 이용하여 Error matrix와 Product, User, Overall 정확도와 카파계수 등을 산출. 보통은 RS tool에서 자동적으로 Report형식으로 산출해 줌

○ 현장조사

- 정확도 검증시 무작위 추출된 검수점의 좌표를 저장하여 포인트 레이어를 생성
- 생성된 포인트가 필지의 안쪽에 위치하는지 확인한 후 조사번호ID를 부여. 참조정보로 행정계 정보나 가까운 지번을 입력한 후 현장 조사시 필요한 위치도로 출력
- 조사방법은 검수점을 포함하고 있는 필지의 농업적 이용현황이나 특이점을 기입하고 사진을 촬영
- 현장조사 후 정리는 정해진 포맷의 현장조사대장을 작성하고 검수점의 필지현황을 정리하여 정확도검증에 쓰일 수 있게 준비

다. 단위구 모집단 생성 결과의 시각화

○ 단위구 모집단 생성을 위한 분류 결과물 DB 필드 정의서

- ID : 모집단 생성을 위한 최종 파일의 Feature ID

- 최종 작업 후에 일련번호를 부여하여 중복되는 값이 없도록 함
- ID 앞에는 대상지역을 확인할 수 있는 구분자를 명시

ex) 김포 -> KP_ID

- ID 필드의 경우 후에 생성된 속성자료와 공간자료의 JOIN 작업 위한 Key로 사용함

- 필드이름이 단독“ID”인 경우에는 프로그램에서 사용하는 필드이름과 중복되므로 변경

- AREA: 단위구의 면적을 계산하기 위한 각각의 필지(Segment)의 면적

- 단위는 m^2 이며 소수점 2번째 자리까지 표현
- 필드명을 대문자로 기입

- CLASS : 논, 밭, 과수, 시설, 샛길 등의 항목

- “샛길” 경우 경지와 경지사이의 기타 필지로, 단위구 생성시 누락되는 필지의 수를 최소화 하기위하여 단위구로 묶여도 무관한 항목에 대해서 분류 결과에 샛길이라는 항목으로 추가 입력하였음
- 필드명은 대문자로 기입

○ 단위구 모집단 생성

- 최종 DB 수정이 끝나면 단위구 자동화 알고리즘에 의해 개발된 프로그램을 실행하여 단위구 모집단을 생성

- DB 정의서의 기준에 어긋남이 없이 자료를 수정 후에도 오류가 발생하는 경우 벡터자료의 Geometry 정보를 체크 한 후 다시 실행

○ 단위구 할당 결과는 최종분류 결과물의 DB에 추가되어 *.AOI.dbf 의 형태로 산출됨

○ 공간자료와 속성자료 조인

- 생성된 DBF로부터 공간자료와 동일필드(**_ID)를 기준으로 조인 작업을 거쳐 필지별로 할당된 단위구 명을 갖는 DB를 생성
- 두 개의 테이블을 조인하여 값이 중복되는 필드가 존재하는 경우 (중복인 경우 필드명_1로 표현됨) 하나의 필드를 삭제하여 DB 정리 작업 수행

○ Dissolve

- 조인작업이 완료된 파일은 AOL_ID를 기준으로 Dissolve 작업을 수행하여 단위구 모집단을 생성하였음
- 결과물의 필드 중 AOL_ID가 할당된 결과를 나타내며, 결과 ID중 “-1”의 값은 경지로 분류되지 않은 항목을 의미하며 모집단 생성시 제외하고 작업을 수행
- AOL_AREA는 묶인 필지들의 면적의 합을 의미하며 면적의 값이 단위구 모집단 생성 기준에 어긋나는 경우 누락 필지로 간주

라. 단위구 모집단 생성 결과를 이용한 층화맵 제작

○ 신 층화기준(안)

- 기존 11개 층으로 나뉘어 있던 층화기준을 총 5개 층으로 나눔
- 1층 : 벼의 비율이 100% 인 단위구
- 2층 : 벼의 비율이 50%이상~100% 미만인 단위구
- 3층 : 벼의 비율이 0%이상~50% 미만이며 작물의 형태는 밭인 단위구
- 4층 : 벼의 비율이 0이상~50% 미만이며, 과수재배면적이 6,600㎡인 단위구
- 5층 : 벼의 비율이 0이상~50% 미만이며, 시설이 3,300㎡인 단위구

○ 생성된 모집단을 신 층화기준(안)에 맞게 층화

- 층의 계산은 MicroSoft Office Excel을 이용

○ 층화맵 제작

- 생성된 모집단 단위구 ID별 층 계산 결과를 DBF의 포맷으로 변환하여 기존 단위구 모집단 공간자료와 조인작업한 후 동일한 속성을 갖는 층을 같은 값으로 표현하여 층화맵 제작

마. 표본 단위구 추출 및 필지 분할

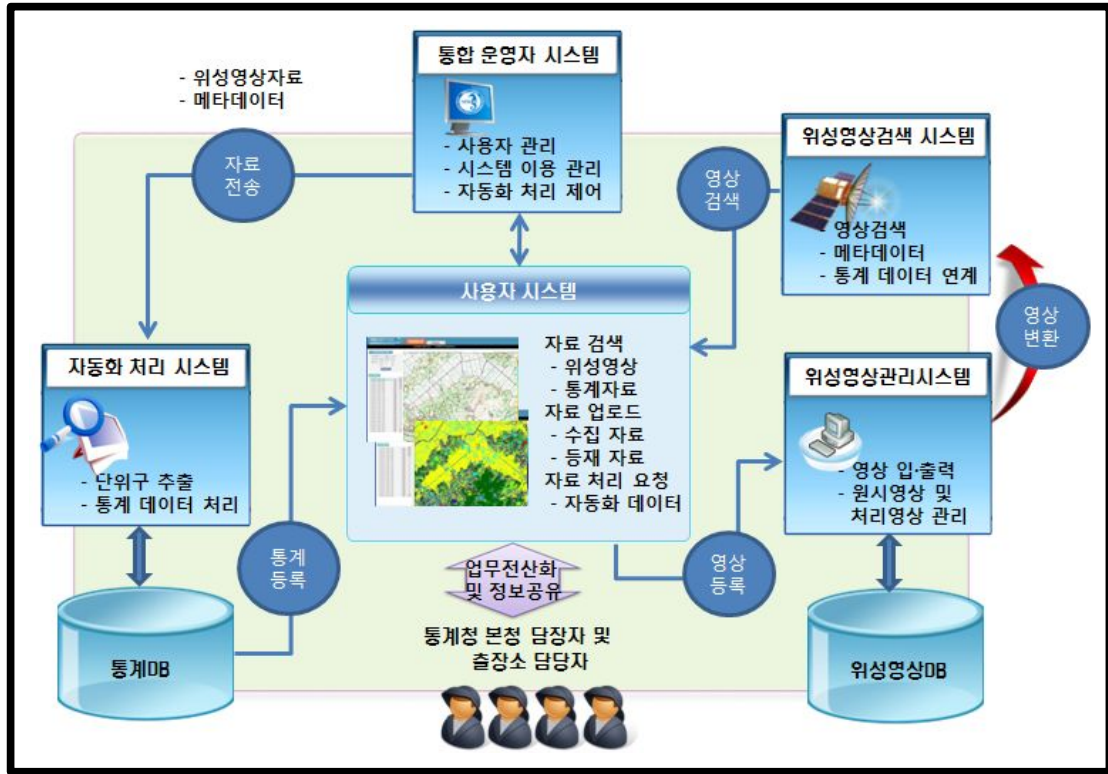
- GIS Tool을 이용하여 5개의 층별로 층화된 단위구에서 표본 단위구를 층별 개수에 따라 무작위로 추출
- 추출된 표본 단위구에 대해서는 위성영상을 베이스맵으로 경지의 벡터라이징을 실시하여 표본 단위구 폴리곤을 생성
- 벡터라이징된 경지폴리곤에 일련의 관리번호를 부여하기위해 해당 지역의 지적도를 이용하여 경지폴리곤에 지번을 부여
- 요도는 기본요도의 크기와 같이 A3크기로 생성
- 요도의 기본맵은 위성영상을 베이스로 표본 단위구가 잘 보이는 색상으로 작성하고 위쪽이 언제나 북쪽이 되게 배치
- 현 요도와 비슷한 형태로 작성하기 위해 위성영상과 행정경계 레이어, 도로 레이어 등을 이용하여 개략위치를 배치
- 층별정보, 행정계의 위치, 관리번호, 지번목록 등을 작성한 후 Table 형태로 배치
- 요도제목과 방위표시와 필요한 텍스트들을 배치
- A3 크기의 칼라색상으로 요도를 출력
- 출력된 표본 단위구의 요도의 정확성을 확인하기 위해 현장조사 실시
- 벡터라이징된 필지의 경계와 경지의 이용현황을 확인하고 사진을 촬영하여 기록을 남김

- 영상의 촬영시기와 현장조사시기의 차이가 있는 경우 경지의 이용현황이 달라질 수 있으나 영상의 현황을 바탕으로 요도를 작성

제 5 장. 향후 추진방안

1. 원격탐사기술을 활용한 농업통계생산의 목표시스템 구축

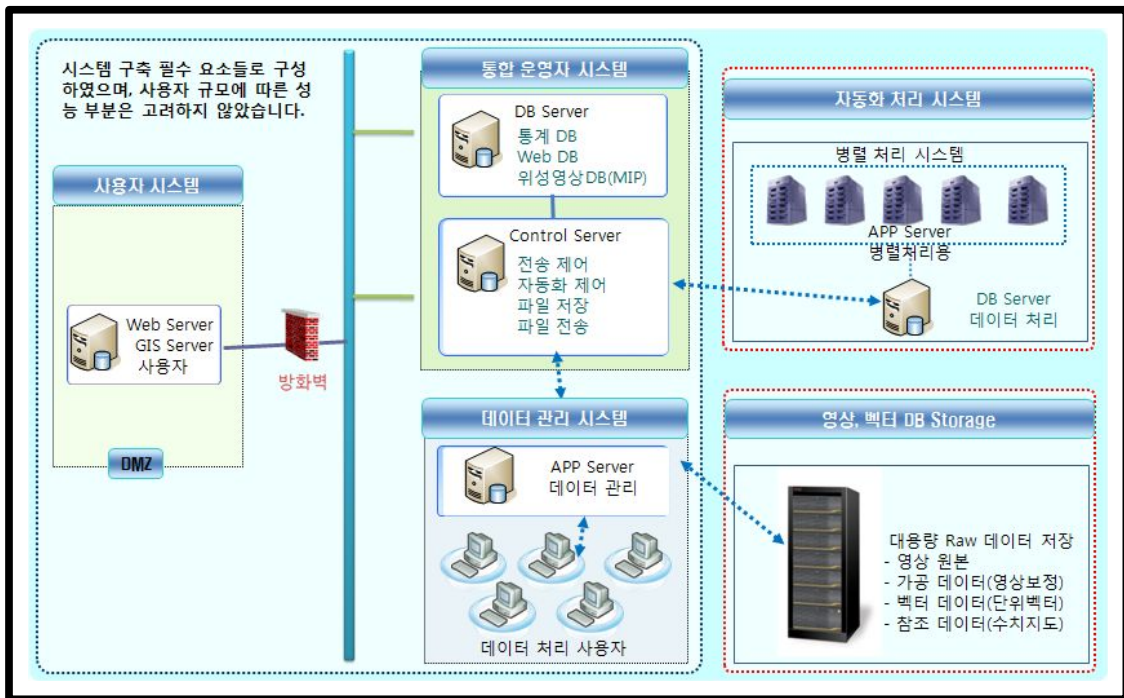
- 원격탐사 기술을 전국 규모의 농업통계생산에 활용하기 위해서는 대규모의 자료처리와 인력 투입 및 이에 따른 조직화된 업무 연계 등의 필요로 인해 위성영상자료 처리를 통한 경지총조사 방법 개발과 더불어 데이터 일괄 처리, 원시자료 및 서비스 대상 자료의 관리, 최종성과물에 대한 지방출장소와의 자료 공유와 같은 기능을 가지는 시스템 구축이 필수적임.
- 경지총조사를 통계청 본청에서 수행하고, 전국의 출장소에서는 본청에서 보급하는 표본 단위구 요도를 이용한 현장조사(재배면적조사, 경지면적조사 등)를 통해 필지의 변동사항에 대한 표본 단위구의 갱신, 재배면적조사와 경지면적조사 내용의 입력 작업을 수행한다고 가정했을 때, 목표시스템은 위성영상을 이용해 제작된 모집단 단위구, 추출된 표본 단위구, 표본 단위구 요도의 일괄적 관리와 이로부터 얻어지는 성과물에 대한 웹 서비스, 그리고 위성영상으로부터 추출한 필지객체(Segment)들을 2ha 단위의 묶음으로 자동 생성하는 단위구 자동생성 시스템 등 <그림 112>와 같이 구성됨.
- 목표시스템은 총 5개의 단위시스템으로 구성
 - 위성영상 관리 시스템 : 원시영상 및 처리 영상의 입력/출력/저장 관리
 - 위성영상 검색 시스템 : 관리시스템 내의 영상들을 사용자가 검색하고 검색 결과를 확인
 - 자동화 처리 시스템 : 모집단 단위구 생성, 표본 단위구 추출 및 관리
 - 사용자 시스템 : 사용자가 각 단위 시스템에 업무를 부여하고 업무처리 결과를 확인
 - 통합운영자 시스템 : 자동화 프로세스 제어를 포함한 사용자 및 시스템 이용 관리



<그림 112> 목표 시스템 구성도

- <그림 112>에서 처럼 사용자는 웹상에서 경지총조사 성과 및 관련 위성 영상자료를 사용자시스템을 통해 검색하고, 결과를 조회할 수 있으며, 지방출장소로부터 입력된 갱신된 필지별 각종 정보를 이용하여 표본 단위구의 현행화 및 관리 업무를 수행하고, 자동화처리시스템을 통해 단위구 모집단 DB를 자동생성 함으로써, 수작업에 의존하던 기존의 경지총조사 업무를 정확하고, 신속하게 수행할 수 있을 것으로 판단됨.
- 인터넷 웹 인터페이스를 통하여 사용자는 어떠한 컴퓨터에서라도 인증된 아이디를 통하여 자료에 접속하여 등록/열람/요청 등의 작업을 수행 할 수 있음.
- 자동화 처리 시스템은 등록된 경지를 판단하여 자동으로 단위구 추출을 수행하며, 결과를 DB에 저장하여 인터넷 웹 인터페이스와 연동되도록 함.
- 농업통계 생산에 사용되는 데이터의 양과 업무 효율성을 고려하여 제안된 단위구 자동생성 알고리즘을 바탕으로, 목표시스템을 구축하기 위해서

는 실제 업무에서 자동화시스템의 실용화가 가능하도록 필지별로 분할된 세그먼트들을 이용해 단위구 모집단을 자동으로 생성하기까지의 처리속도와 묶이는 세그먼트들의 면적합계가 2ha±20% 범위 내로 묶이는 단위구 생성 정확도를 개선하는 것이 가장 중요함.



<그림 113> 목표시스템의 하드웨어 구성도

- 목표시스템의 하드웨어 구성은 <그림 113>과 같으며, 시스템구축 필수 요소들로만 구성하였으며, 사용자 규모에 따른 성능 부분은 고려하지 않았음.
- 자료 처리, 입출력, 조회 등이 상호 독립적으로 운영되어 시스템의 속도가 향상될 수 있도록 하드웨어를 구성함
 - 사용자 시스템 : Web Server와 GIS Server로 구성. 사용자가 웹 상에서 GIS 기반의 업무부여와 결과를 조회
 - 통합운영자 시스템 : DB Server와 Control Server로 구성. 사용자 관리, 이용 관리, 자동화 처리시스템의 제어 기능을 수행

- 데이터 관리 시스템 : Storage와 관리시스템 개발용 Application Server로 구성. 대용량 위성영상과 성과물 등을 목록화
 - 자동화 처리 시스템 : 대용량 DBMS용 DB Server와 병렬처리 작업을 수행할 수 있는 응용프로그램 개발을 위한 Application Server로 구성. 단위구 자동화 알고리즘의 효율성 극대화
- 본 연구에서 개발한 단위구 자동화 알고리즘에서 대부분의 속도저하 원인은 조건에 적합한 세그먼트의 검색에서 비롯되며, 이를 해결하기 위해서는 병렬 처리 시스템 구축과 대용량 DBMS의 사용이 필수적임.
 - 실제 단위구를 생성하기 전, 검색단계에서는 세그먼트 간의 입력 순서가 무의미 하므로 병렬 처리를 통해 속도를 극대화 할 수 있음.
 - 대용량 DBMS는 속도 개선의 핵심적인 부분으로, 병렬 처리 프로세스로 검색 속도를 올린다 하더라도 이를 저장하고 관리하는 DBMS가 느리다면 속도 증가 효과는 기대하기 어려움.

2. 시범연구결과에 의한 전국단위 확대 방안

가. 소요비용 산출

(1) 산정기준

- 본 연구에서 제시하는 원격탐사기술을 이용한 전국 규모 사업 추진의 소요비용 산출 기준은 다음과 같음.
- 근무일수는 2008년도 측량기술자 월평균 근무일수인 22.61일에 12개월을 적용하여 산출한 271.32일을 사용하였음.
- 직접인건비 해당업무에 직접 종사하는 기술자의 인건비로서 투입될 예정의 인원수에 노임단가를 곱하여 계산함. 본 연구에서 적용한 노임단가는 통계청 농어업생산통계과에서 경지총조사시 고용하는 기술자의 1일 인건비를 기준으로 계산하였음.

- 직접경비는 전국단위 사업수행시 필요한 특정자료(수치지도 v2 또는 v1) 구매비용을 말함. 이 외에도 업무수행시 필요한 현장조사 여비 또는 출력물 인쇄비, 타 전문가들에 대한 자문비 등을 포함시킬 수 있지만, 본 연구에서는 제외하였음.

(2) 소요비용 총괄

<표 29> 원격탐사기술을 이용한 전국 경지총조사 사업시 소요비용

구 분	소요 비용	비 고
목표시스템 구축 비용	25.4억원	목표시스템 구축을 위한 H/W, S/W, 개발비
원격탐사기술을 이용한 전국 경지총조사 인건비	8.5억원	순수 직접인건비
직접경비	4.5억원	수치지도 v2 구매비용
총 계	38.4억원	

- 위 표의 모든 예산 항목은 통계청 본청의 소요예산으로 전제하였으며, 직접경비 부문에서 수치지도 이외의 위성영상(KOMPSAT-2), 연속지적도 등은 여타기관에서 협조 받는 것을 전제로 하였음.

(3) 분야별 소요비용 산출

- 목표시스템 구축 비용
 - 목표시스템 구축을 위한 하드웨어는 HP 유닉스 하드웨어에 NT 플랫폼을 적용.
 - 소프트웨어 비용의 경우 구축되는 시스템에 따라 운영체제가 달라질 수 있으며, DBMS와 원격탐사기술 활용을 위한 RS/GIS Tool 들은 시

시스템 조건에 따라 구매수량이 달라질 수 있으므로, 본 연구에서는 비용 부문에 포함시키지 않았음.

- 하드웨어 비용으로는 데이터의 관리 및 분석에 필요한 장비로 서버(웹 서버, DB 서버, 어플리케이션 서버)와, 대용량 데이터의 저장을 위한 스토리지 정도로 구성하였음. 이외에도 작업자들을 위한 개인 PC 또는 Workstation, 출력 기기(플로터), 각 시스템별 접속자에 의한 네트워크 과잉접속에 따른 분산처리기, 각 하드웨어의 유지보수 및 소모품 등도 하드웨어 비용에 포함되어야 하지만, 본 연구에서는 제외하였음.

<표 30> 목표시스템 내역 및 소요비용

구 분	시스템 개발	H/W	S/W	비 용
사용자 시스템	-지역사용자 대상 웹서비스 -위성영상 검색 -결과 검색서비스 (1.5억원)	-Web Server 1식 3억원(S/W포함)	-Windows server 2008 1식 -GIS engine 1식	4.5억원
자동화 처리시스템	-백터데이터 처리 프로세스 -병렬처리시스템 (2.5억원)	-DB Server 1식 5.2억원(S/W포함) -App Server 2식 3억원(S/W포함)	-Windows server 2008 3식 -DB Oracle 1식	10.7억원
데이터 관리시스템	-위성영상 인벤토리 -데이터 검색 /입출력 시스템 (1억원)	-App Server 1식 -Storage 1식 4.5억원(S/W포함)	-Windows server 2008 1식 -DB Oracle 1식	5.5억원
통합운영자 시스템	-사용자 관리 -시스템이용관리 -자동화처리 제어 (1억원)	-App/File Server 1식 -DB Server 1식 3.7억원(S/W포함)	-Windows server 2008 2식 -DB Oracle 1식	4.7억원
총 계	6억원	19.4억원		25.4억원

- 데이터 관리시스템에 필요한 스토리지의 경우, 3개 시군 시범사업 시에

소요되었던 저장용량을 전국대비 면적비율을 적용하여 총 예상용량을 산출하였음.

- 원격탐사기술을 이용한 경지총조사를 위한 시스템 구축에 요구되는 하드웨어와 소프트웨어 내역은 통계청 내부에 보유하고 있는 자원에 대하여 고려되지 않은 것들이므로, 향후 ISP 수립시에는 기존 보유하고 있는 자원과악에 따라 중복되는 내역의 제외와 추가 요구되는 항목들에 대한 반영이 필요함.

○ 소요인력 및 소요인건비 산출

- 본 연구용역에서는 3개 시군에 대해 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 시범사업을 수행함으로써, 향후에 전국단위로 원격탐사기술을 이용하여 경지총조사 사업을 수행할 시에 예상되는 소요인력과 소요비용을 산출해보았음.
- 3개 시군 시범사업 대상지역의 면적합계(1,182.98 Km²)와 전국의 면적합계(99,720.39 Km²)를 비율화하여, 3개 시군에 대한 시범사업에 투입된 인력과 기간에 면적비율을 적용함으로써, 전국단위 사업 수행시에 예상되는 소요인력과 소요비용을 산출하였음.
- 소요인력의 산출은 1년 동안 전국단위로 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 사업 수행 시에, 각각의 작업 단계별로 소요인력을 산출하였음.
- 작업단계는 크게 7가지로 구분하였으며, 아래와 같은 세부작업공정들을 포함하고 있다.
 - 작업계획 및 준비 단계: 영상검색 및 선별, 메타데이터 작성, 수집한 참조 벡터자료로부터 필요한 레이어 선별 및 추출 작업, 좌표계 변환 및 일치 작업
 - 영상보정부분: 입수된 영상의 포맷변환, Layer stack, 지상기준점 선정, Pan-sharpen, 인접영상 간의 인접일치, 영상 모자이크 작업

- 참조자료 구축 단계: 재배면적조사표 및 표본 단위구 요도 수집 및 DB입력 작업, 연속지적도와 재배면적조사 내용 공간DB화 작업
- 영상분류 단계: 픽셀기반 영상분류를 위한 signature 파일 선정, 현장 조사, 현장조사결과 정리 및 반영작업, 분류정확도 평가 작업
- 영상 Segmentation 단계: Segmentation을 위한 영상 Rescale 및 강조 작업, 영상모자이크 결과물 작업단위 분할 작업, 적정 세그멘테이션을 위한 영상별 세부 인자값들 조정 및 테스트 작업, 인접영상 간의 세그멘테이션 결과 모자이크 작업
- 조합 및 수정 단계: 각각의 분류결과 간의 Majority, 작업영역별 데이터 분할, Majority 결과값 오류 수정(육안판독), 검수, 작업단위별 최종파일 모자이크, 최종 분류정확도 평가
- 단위구 생성 단계: 단위구 모집단 생성, 층화맵 제작, 표본추출, 표본 단위구 요도 작성을 위한 필지별 벡터라이징, 출력용 요도 제작, 표본 단위구 검증을 위한 현장조사



<그림 114> 3개 시군 작업시 소요인력 기준 전국 작업시 소요인력 산출

- 시범사업지역인 3개 시군에 대해 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 사업 수행시 가장 인력이 많이 소요되었던 업무프로세스 단계로는 조합 및 수정 단계로, 픽셀기반 영상분류 결과를 객체기반 영상분류 결과의 속성으로 입력한 후, 각 세그먼트별 육안판독 작업을 수행하는 부문으로 전체 작업공정의 37.7% 비율을 차지하였음.
- 면적대비 산출결과 전국단위 사업시, 영상분류결과에 대한 조합 및 수정 작업(육안판독)에만 1일당 투입인원이 29명으로 산출되었으며, 1년간 총 투입인력은 79명으로 투입해야 전국단위 사업이 가능한 것으로 산출되었음.

<표 31> 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 인건비 산출 내역

구 분	소요 인건비(억원)	비 고
작업계획 및 준비	0.54	1개월 근무일수 22.31일 (2008년도 측량기술자 월 평균 근무일수) 1인 인건비 39,750원/일
영상보정	1.51	
참조자료 구축	0.54	
영상분류	0.86	
Segmentation	0.97	
조합 및 수정	3.13	
단위구 생성	0.97	
총 계	8.52	

- 전국단위 경지총조사 사업을 원격탐사기술을 이용해 1년 동안 수행할 경우, 순수하게 작업에 실제 투입되는 인력의 인건비만 약 8.5억원 정도가 소요될 것으로 예상됨. 인건비 산정시 작업일수 기준은 2008년도 측량기술자 월평균 근무일수인 22.31일을 12개월로 적용하여 1년에 271.32일을 연간근무일수로 사용하였으며, 비용산정을 위한 투입인력의 1일 일당은 39,750원으로 하여 산정된 결과임.
- 위의 결과는 3개 시군의 시범연구사업 수행을 통해 면적비율만 적용하

여 산정한 투입인력과 소요비용이므로, 실제 전국단위사업을 수행할 경우, 전 프로세스 중의 일부 자동화 항목 개발 여부와 몇 년간의 시범사업을 통한 실무자들의 경험 축적 정도에 따라 작업기간 단축에 따른 소요인력과 비용이 절감될 수 있을 것으로 예상됨.

○ 직접경비 산출

- 직접경비의 산출은 원격탐사기술을 이용한 전국 경지총조사 사업을 수행할 경우 확보해야할 2008년 12월 현재 전국의 1/5,000 수치지도 v2 구축현황을 참조하여 산출한 결과임.
- 1/5,000 수치지도 V2는 2008년 12월 현재까지 17,486도엽 구축완료 되었음.
- 수치지도 구매시 필요한 저장매체 CD의 비용은 산출내용에서 제외하였음.

<표 32> 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 직접경비 산출 내역

구 분	소요 비용(억원)	비 고
수치지도 V2 구매	4.55	1/5,000 수치지도 V2 1도엽당 단가는 26,000원
CD 비용	-	
총 계	4.55	

3. 투자비용 대비 효과분석

- 국내의 GIS와 원격탐사 사업에 대한 투자비용 효과분석은 몇 차례 시도되기는 했지만¹⁾, 일반적으로 GIS의 발전단계 과정으로 볼 때 완성단계에서 많은 편익이 발생되기 때문에, 아직 초기과정인 본 연구과제의 실정으

1) 조명희, 김광주, 박상우, 1999 “ 지방자치단체에서 GIS구축을 위한 비용편익분석. 한국지리정보학회 2권 2호 pp87~96

로 볼 때, 다소 이른 분석이 될 수도 있음.

- 따라서, 본 사업에서는 GIS 및 원격탐사를 실무에 투입한 이후에 나타날 수 있는 내부적, 외부적 편익부분은 제외하였으며, 목표시스템 구축시 소요비용과 원격탐사기술을 이용한 전국단위 경지총조사 사업시 필요한 인건비와 수치지도 구매 비용 만을 반영하여 기존 경지총조사 사업수행시 소요비용과 비교하였음.
- 투자비용 항목의 경우 일반적으로 사용되는 구분에 따라 하드웨어 비용, 시스템 개발 비용, 원격탐사기술을 이용한 전국단위 경지총조사 인건비, 전국단위 사업시 필요한 직접경비(수치지도 구매비용)로 구분하였음.

<표 33> 투자비용 대비 효과

구 분	원격탐사를 이용한 경지총조사	기존 경지총조사	증 감
H/W, S/W 구매	19.4억원	-	-
시스템 개발	6억원	-	-
인건비	8.5억원	-	-
직접경비	4.5억원	-	-
총 계	38.4억원	50억	11.6억 감소

- 본 연구과제에서는 원격탐사를 이용했을 경우 기존 경지총조사에서 소요되는 비용보다 11.6억원이 감소될 수 있는 것으로 나타났음.
- 본 연구과제의 비용편익 분석에 있어서, 원격탐사를 이용하여 경지총조사를 전국단위로 수행하기 위한 시스템 구축 부문과 인건비 부문에 있어서 실무자의 경력정도를 고려하지 못했지만, 실제로 비용편익분석에 있어서 가장 중요한 시스템 구축으로 인한 내부적, 외부적 편익 부분 역시 제외

되어 실제로 더욱 많은 편익부분이 제외된 결과라고 할 수 있음.

- 향후 연구에서는 본 연구에서 각 개별 시스템에 대해 반영하지 못한 발생가능 비용 등에 대한 파악과 비용편익분석을 위해서 시스템 구축에 의한 내부적, 외부적 편익 요소들에 대한 사전평가를 실시하고, 각 항목별 편익에 대한 지표 설정을 통해 편익부분을 계량함으로써, 원격탐사기술을 이용한 전국단위 경지총조사 사업 수행 시에 나타날 수 있는 투자비용대비 효과를 좀더 구체적으로 제시할 수 있을 것으로 사료됨.
- 향후 비용편익 분석을 위해 고려되어야 할 비용항목과 편익항목을 아래 <표 34>와 <표 35>에 정리하였음.

<표 34> 향후 비용편익 분석을 위한 원격탐사기술 적용시 비용항목

구 분	H/W	S/W	시스템 개발	인건비 및 기타
비 용 항 목	<ul style="list-style-type: none"> · 시스템별 서버 · 스토리지 · 분산처리기 · 주변장치 · 업무담당자용 PC 	<ul style="list-style-type: none"> · DBMS · 운영체제 · 업무담당자별 기본 S/W 및 RS/GIS Tool 	<ul style="list-style-type: none"> · 목표시스템의 각 시스템별 응용프로그램 개발 · 자동화/반자동화 항목 추출 및 개발비용 	<ul style="list-style-type: none"> · 전문인력 투입비용 · 교육/훈련 비용

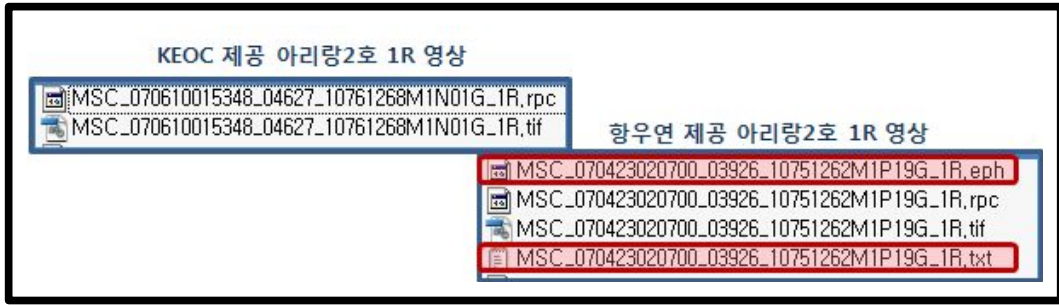
<표 35> 향후 비용편익 분석을 위한 원격탐사기술 적용시 편익항목

구 분	항 목
편 익 항 목	<ul style="list-style-type: none"> · 업무처리 시간의 절감 · 업무처리 정확성 향상 · 타 기관과의 자료 교환 시간 절감 · 자료의 검색 및 출력 시간 절감 · 오류 발생의 절감 · 시스템 구축에 의한 직·간접적인 문서, 서류, 도면 등의 작성 편의 향상 및 시간 절감

4. 향후추진과제 및 기대효과

가. Kompsat-2 영상의 입수

- 본 연구 사업을 수행함에 있어서 Kompsat-2 영상의 수급은 가장 큰 영향을 주는 인자임. 따라서, Kompsat-2의 입수시기 지연 문제는 사업전체를 이끌어 나가는데 상당한 영향을 주었음. 시범사업 대상지역인 3개 시군의 영상검색을 통해 신청하여 입수하기까지의 기간이 전체 사업기간의 1/3 이상을 차지함으로써, 실제로 영상을 공급받아 결과를 도출하기까지에 많은 어려움이 있었음.
- 기존에 촬영된 영상의 입수시기 문제는 영상 배포처의 영상공급정책에 따라 현재는 한정된 웹사이트를 통해 신청하고, 웹을 통해 입수하고 있지만, 전국단위 경지총조사 사업을 실시할 때에는 영상 배포처와 원활한 업무협조 관계개선을 통해 전국의 촬영된 영상을 한꺼번에 또는 지역적으로 n분할하여 가능한 빠른 시간 내에 입수할 필요가 있음.
- 이번 시범사업에서는 영상 배포처로부터 Kompsat-2 1G 영상을 협조 받아 용역을 수행하였으나, 향후 1G 데이터를 사용하여 전국단위 사업을 수행할 경우, 전체적인 작업공정에서의 어려움에 따른 작업기간 증가와 영상의 기하학적 왜곡을 제대로 보정하지 못하는 데에 따른 정확도 저하에 따른 최종성과물의 신뢰성 저하가 우려됨.
- 본 사업에서도 대상지역별 일부 1R 데이터를 협조 받아 영상보정작업을 수행해 보았으나, rpc 데이터 이외의 추가적인 메타 정보를 제공받지 못해 보정작업에 어려움이 있었음.
- 따라서, 향후에는 영상 배포처와 지속적인 대화를 통해 1R 영상과 <그림 115>와 같은 1R 영상의 메타데이터 정보를 함께 제공받을 수 있도록 하여, KOMPSAT-2 영상을 이용한 경지총조사 및 비 재배면적 조사 수행시, 보정 정확도 향상에 따른 최종결과물에 대한 신뢰성 확보가 기대됨.



<그림 115> Kompsat-2 영상 공급처별 제공데이터 목록 비교

- 1R 영상과 기타 메타정보를 입수하여 정사보정 작업을 수행하면, 최종성 과물의 정확도 향상에 따른 신뢰성 확보 뿐만 아니라, 원시영상의 보정에 필요한 지상기준점 선정수의 감소, 인접한 서로 시기가 다른 영상 간의 보정작업시 블록조정방법에 의한 인접영상 간의 위치정확도 향상에 따른 후속작업(영상 간의 모자이크)들의 처리시간 단축 등을 통해 전 공정의 소요기간을 단축할 수 있을 것으로 기대됨.
- Kompsat-2 영상은 2007년 후반기부터 촬영을 진행하여, 전국을 커버할 수 있을 정도로 많은 영상을 촬영하였지만, 본 경지총조사 사업을 전국적으로 수행하기에 충분한 수량 및 조건의 영상이 많이 촬영되지는 않은 상황임. 앞으로도 계속해서 Kompsat-2 위성은 전국을 대상으로 촬영을 계속 진행될 예정이므로, 특정 대상지역에 대해 다시기에 걸쳐 촬영된 영상을 확보하여 작물의 재배력 정보를 추가함으로써 영상분류 정확도의 향상에 따른 영상분류결과의 수정 및 편집기간의 단축 및 최종성과물의 신뢰성 증가를 기대할 수 있음.
- 향후에도 지속적인 연구사업 및 본사업이 진행될 예정이라면, 계속해서 누적되는 Kompsat-2 영상의 지역별, 시기별, 작물별 영상판독 보조용 라이브러리를 구축함으로써, 영상을 판독해야 하는 업무담당자 및 현장에서 영상을 이용해 제작된 표본 단위구요도를 사용하는 업무담당자 들의 판독에 도움을 줌으로써, 영상판독의 정확도 향상과 업무담당자의 작업효율 증대 등을 기대할 수 있음.

- 정사보정 작업에는 영상의 기복변위 제거를 위해 DEM(Digital Elevation Model)이 필요함. 일반적으로 Kompsat-2와 같은 공간해상도 1m의 고해상도 영상의 정사보정에 필요한 DEM은 격자간격 5m의 조밀한 데이터를 사용해야 정확도 향상에 도움이 됨.

나. 위성영상 활용에 따른 보안문제

- 위성영상 또는 향후 제공받을 수도 있는 항공사진 등의 고해상도 영상을 이용해 제작되는 단위구 요도와 전국단위 사업 시에 보안지역이 처리된 위성영상을 실무에 활용할 경우, 경지총조사 부문에 있어서는 보안지역 검토에 따른 입수시기 지연의 문제가 발생할 수 있으며, 단위구 요도로 활용하는 부문에서는 웹서비스와 지방출장소 등에서 출력물로의 활용에 있어 보안문제가 발생할 수 있음.
- 대상지역의 보안처리는 위성영상 배포처에서 정해놓은 규칙대로 보안처리된 영상만을 이용함으로써 해결할 수 있지만, 보안처리가 되지 않은 지역의 최신영상을 이용해야 할 경우, 보안처리지역 검토 및 처리에 따른 기간이 과대하게 소요될 수 있으며, 보안처리 작업결과물을 활용할 경우에 실제 지형을 제대로 반영하지 못하는 관계로 위성영상의 활용을 극대화할 수 없을 수도 있음.
- 현재 위성영상을 공급하는 배포처에서는 국내에서 공간해상도 4m 이상의 국내외 위성지도 영상이 민간에 공급될 경우, 일반인 출입이 통제되는 국가보안 시설과 군사시설의 노출을 제한하도록 하고 있으며, 실제로 민간에 공급되는 웹서비스용 고해상도 위성영상은 보안성 검토와 보안지역처리를 거쳐 민간에 공급되고 있음.
- 전국단위 경지총조사 업무에 고해상도 위성영상의 활용을 극대화하기 위해서는, 영상 배포처와 적절한 업무협약에 의해서 경지총조사와 향후 구축될 시스템에서 서비스하게 될 위성영상에는 사용자와 서비스대상자에

게 적절한 권한을 부여함으로써, 전국단위 경지총조사 업무 수행에 차질이 없도록 해야할 것임.

다. 자동화/반자동화 알고리즘의 개선 및 개발

- 본 연구과제에서 수행한 단위구 모집단 자동화 알고리즘에서는 인접한 세그먼트들 간의 2ha단위로 묶는 결과가 총 경지면적 대비 80~90% 정도로 묶이고 있음.
- 묶이지 않는 단위구들은 근처에 인접한 경지가 존재하지 않아 자동처리가 불가능한 경우인데, 경지들끼리 인접하지 않더라도 거리상으로 가깝게 존재하는 것들을 자동이 아닌 사용자가 육안으로 판단하여 다시 묶어주는 알고리즘에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단됨.
- 이렇게 되기 위해서는 현 자동화 알고리즘에 사용자 의사가 반영될 수 있는 모듈을 추가하여 개발할 필요가 있으며, 방법적으로 사용자가 선택한 미확정 단위구와 인접 경지와 묶는 방법과 주변에 다수의 미확정 단위구와 경지가 산재해서 존재할 경우에는 사용자가 영역을 설정하여 확정된 단위구와 미확정된 단위구, 산재된 경지가 사용자 영역 내에서만 함께 재계산할 수 있도록 하는 알고리즘의 개발이 필요할 것으로 판단됨.

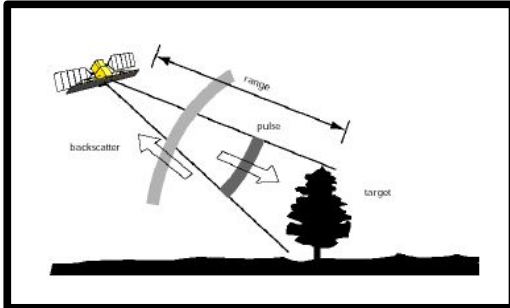
5. 기타 위성영상 검토

가. SAR(Synthetic Aperture Radar)

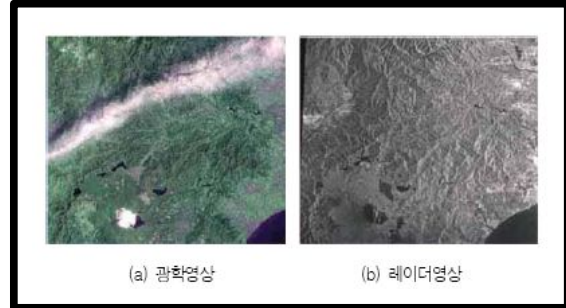
(1) 개요

- 레이더는 능동형 센서로 직접 대상물에 신호를 보내어 방사한 신호가 반사되어 돌아오는 것을 획득하여 대상물 위치에 대한 거리와 방향 정보를 반사 신호의 세기로 기록하게 된다. 태양광이 없는 야간 혹은 구름이 많거나 악천후 기상상황에서는 영상정보의 획득이 불가능한 광학영상에 비

해 SAR 영상은 마이크로파 파장대를 이용하여 기상 상태에 관계없이 영상촬영이 가능하다는 장점이 있다.



<그림 116> SAR 탑재위성의
신호획득 (신재민, 2005)



<그림 117> 구름을 투과하여
획득한 레이더 영상 (신재민, 2005)

- 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(Terra SAR-X, Radarsat-2)이 운용 중에 있으며, 우리나라도 2010년 발사예정인 Kompsat-5 위성에 SAR 센서를 장착하므로 SAR 영상의 활용도가 더욱 높아질 것으로 예상된다. 그러므로, 향후 농경지면적의 산출 방법에 대한 추가적인 방안으로 SAR 영상의 활용을 고려해 볼 필요가 있다. 따라서, SAR 영상을 토지피복분류, 논 산출에 이용한 연구사례에 대해 기술하고자 한다.

Sensor	Country	Mission period	Band	polari zation	Look angle (degree)	Antenna size (azimuth × range, m)	Alt. (km)	Swath (km)	Peak Power (kW)	Resolu tion(m)	Data rate (Mbps)
SEASAT-A	USA	6/1978-, 105 days	L	HH	20	10.8 × 2.2	795	100	1	25	110 (5 bps)
SIR-A	USA	11/1981, 2.5 days	L	HH	47	9.4 × 2.2	260	50	1	25	Optical
SIR-B	USA	10/1984, 8.3 days	L	HH	15-60	10.8 × 2.2	224, 257, 360	20-40	1.1	25	30.4 (3-6 bps)
SIR-C/ X-SAR	USA/ Germany, Italy	4/1994, 11 days	L/C/X	full	20-55	12 × 2.9/ 12 × 0.7/ 12 × 0.4	225	15-90, 225	4.4/1.2/ 1.4	25	90 (4-8 bps) /45(4-6 bps)
ALMAZ-1	Russia	3/1991-, 2.5 yrs	S	HH	20-65	12 × 1.5	300 -70	30-45	250	15	87.5 (5 bps, I/Q)
ERS-1	EU	7/1991-2/ 2000	C	VV	20	10 × 1	780	100	4.8	25	105 (5 bps, I/Q)
ERS-2	EU	4/1995- present	C	VV	20	10 × 1	780	100	4.8	25	105 (5 bps, I/Q)
JERS-1	Japan	2/1992-10 /1998	L	HH	38	12 × 2.4	570	75	1.3	25	60 (3 bps, I/Q)
Radarsat-1	Canada	11/1995- present	C	HH	20-60	15 × 1.5	790 -820	50-500	5	10-100	85, 105 (4 bps, I/Q)
SRTM	USA/ Germany	2/2000, 11 days	C, X	HH/ VV	20-60	12 × 0.7/ 12 × 0.4	233	56-225	1.2/1.4	25	180 (C), 90 (X)
Envisat	EU	2002	C	dual	15-45	10 × 1	800	57-400	0.6-1.3	25	100
Radarsat-2	Canada	ca. 2006	C	full	variable	15 × 1.5	790-820	20-500	-	3-100	-
ALOS (PAL-SAR)	Japan	1/2006	L	dual	8-60	8.9 × 2.9	692	30-350		10-100	120, 240
TerraSAR-X	Germany	ca. 2006	X	dual	20-45	4.8 × 0.7	515	10-100	2	1-16	300
TanDEM-X	Germany	ca. 2008	X	dual	20-45	4.8 × 0.7	515	10-100	2	1-16	300
LightSAR (US SAR)	USA	-	L, C, or X	full	variable	-	-	-	-		-
COSMO-Sky Med	Italy	-	X		-	-	600	-	-		-
SMART SAR	Germany	-	-	-	-	-	-	-	-		-

<그림 118> SAR 시스템 특징 (이훈열, 2006)

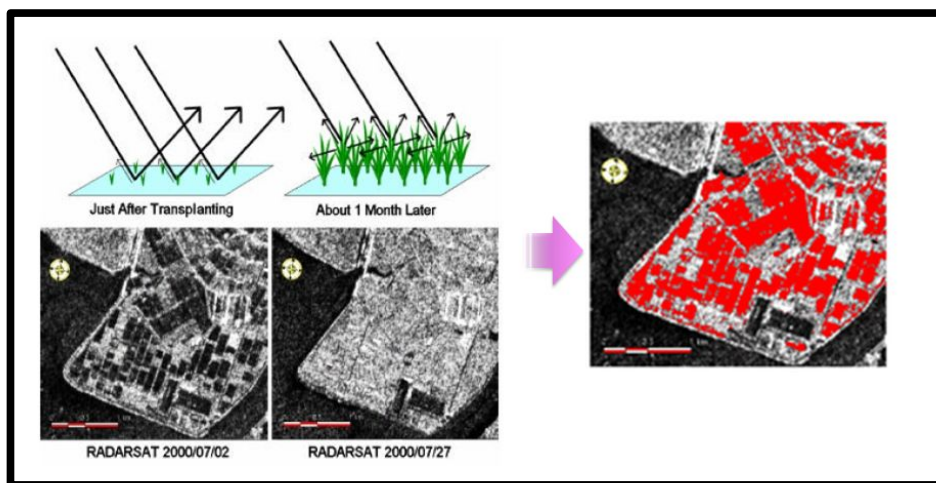
(2) 연구사례 분석

○ 다중시기 SAR 영상을 이용한 논 추출

- SAR 영상을 이용한 농경지 분류에 있어, 현재까지 가장 많은 연구가 이루어진 방법은 벼의 생장에 따른 시기적 변이도를 반영한, 다중시기 SAR 영상들을 분석하는 방법이다.
- SAR 영상은 지표면의 기하, 거칠기, 수분함유량 등 지표 상태에 대한 변수들과 마이크로파의 파장, 입사각, 편광 등 레이다 시스템 관련 변수들에 의해 결정되는 후방산란계수(Backscattering Coefficient)값으로

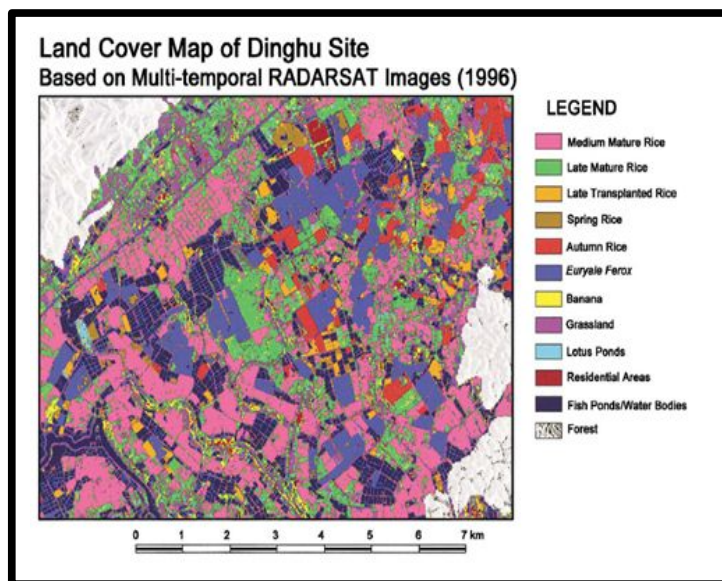
대상 물체의 특성 정보를 표현할 수 있다. 일반적으로 후방산란계수를 통해 낮은 값을 나타내는 수계와 높은 값을 나타내는 도심지의 구분이 가능하다.

- 하지만 단일 영상의 후방산란계수 값만으로는 농경지, 산림, 도심 내 식생에 대한 구분이 어렵다. 농작물의 경우, 작물의 성장이나 농업활동, 토양 수분의 변화로 수일, 수개월로 시간적 변이도가 크게 나타날 수 있으며, 특히 논인 경우, 관개 등으로 인해 봄부터 초여름까지 변화가 심한 편이다. 산림은 활엽/상록수와 같은 식생의 종류에 따른 시간적 변이도가 발생하지만 농작물보다는 시간적 변이도가 낮은 편이고, 도심은 도시의 발달과정에 따라 수개월, 수년에 걸쳐 느리게 시간적 변이가 일어난다.(박노욱 외2, 2005, 박노욱 외2, 2007)
- <그림 119>는 모내기를 막 끝낸 논과 모내기 한 달 뒤에 벼가 어느 정도 자란 논에 대한 SAR 영상의 특징을 비교한 그림이다. 모내기로 물이 있는 논은 낮은 후방산란계수 값을 가지고, 영상에서 어둡게 표현되며, 벼가 자란 논은 그에 비해 높은 후방산란계수 값을 가지고 상대적으로 밝게 표현되는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 벼의 성장시기가 고려된 영상의 시기 차를 이용하면 논에 대한 추출이 가능하다.



<그림 119> SAR 영상을 이용한 벼 논 추출(Naoki et al, 2001)

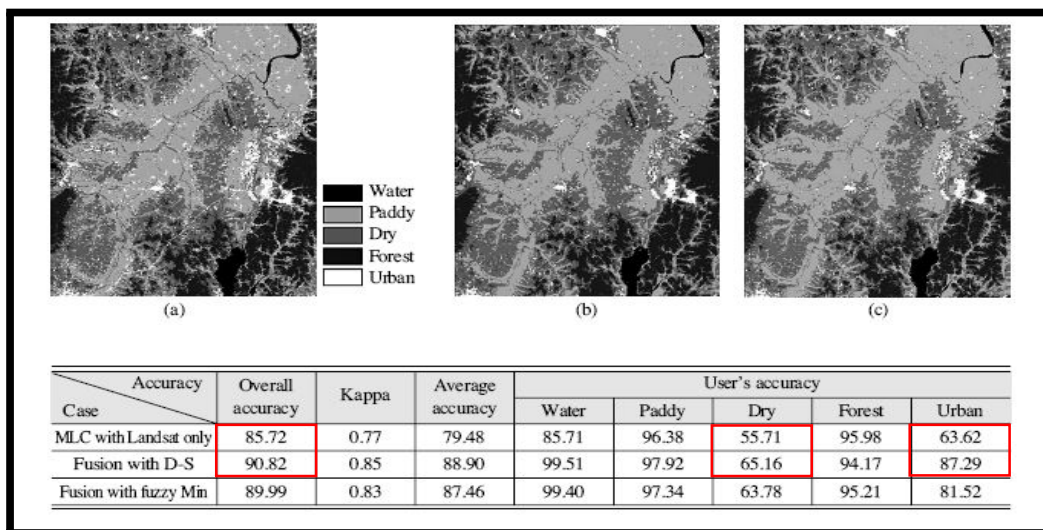
- 우리나라 연구 사례로, Radarsat-1 SAR 영상을 이용하여 1999년 충청남도 당진 예당 평야 지역의 벼의 생육에 따른 후방산란계수 값의 변화를 조사하였다(Hong *et al.*, 2000). 우리나라 벼 성장시기는 약 130일~150일이고, 생육초기인 이앙 후 활착기는 5월경으로 -16dB~-13dB의 후방산란계수 값을 보이고, 생육후기에 속하는 생식성장기부터 등숙기후반까지(8월 중순에서 9월 하순까지)는 -3.1dB~-4.4dB로 나타났다. Radarsat-1은 C band를 사용한 SAR 센서를 탑재하고 있고, C band는 벼의 성장시기 중반, 대략 8월부터는 이미 후방산란계수 값이 포화되어, 그 이후로는 값의 변화를 보이지 않는다. 다른 연구사례로 Radarsat-1 영상을 이용하여 2005년 충청남도 서산간척지 내의 논외의 후방산란계수를 추출하였는데, 생육초기인 이앙기에는 -16dB~-22dB, 생육후기인 수잉기에는 -7dB~-10dB의 결과를 보였다(이충근 외5, 2007). 위의 연구 결과들을 이용하여 우리나라 논외의 후방산란계수의 변화 정도가 큰 시기는 생육초기인 5월에서 생육후기인 8월~9월까지 라는 것을 파악할 수 있고, 이 시기를 고려한 다중시기 SAR 영상을 이용하면 논외의 추출이 가능하다.



<그림 120> SAR 영상을 이용한 피복분류 (Yoon et al, 2001)

○ SAR 영상을 이용한 농경지 분류 방법

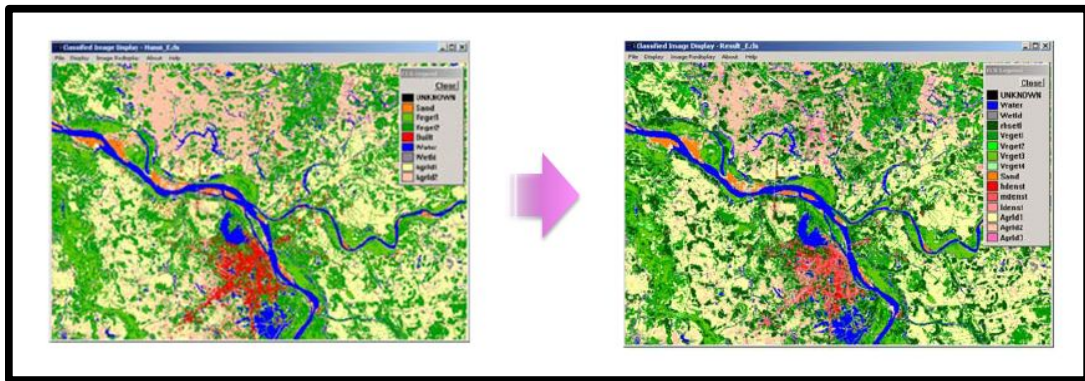
- 앞서 기술한 다중시기 SAR 영상을 이용하면 논에 대한 추출이 가능하나, 그 외 밭, 산림, 도심은 오분류를 포함하게 된다. 이러한 오차를 개선하고 분류 정확도를 높이기 위한 다양한 연구가 진행되고 있어, 이에 대해 소개하고자 한다.
- 광학영상의 접목
 - SAR 영상과 광학영상의 융합을 통해 분류정확도를 높일 수 있다. Radarsat -1 영상의 분류결과와 광학영상 Landsat TM 자료를 융합하여 밭과 산림의 분류 정확도를 높이는 방법을 제시하였다(박노욱 외2, 2005, Ogawa *et al.*, 1998). <그림 121>은 최대우도법으로 분류한 Landsat TM 영상(a)과 다중시기 Radarsat-1 영상과 Landsat TM 영상을 D-S Fusion(b), Fuzzy Min Fusion(c) 방법으로 융합을 시도하였고, 이를 통해 밭과 도심 영역의 분류 정확도가 증가한 결과를 보여주고 있다(박노욱 외2, 2005).



<그림 121> Radarsat, Landsat TM 영상의 융합 (박노욱 외2, 2005)

- JERS-1 영상과 광학영상 Landsat TM 영상 분류 결과를 융합하여 좀 더 세분화된 분류 결과를 도출하였다(Nguyen, 2000). <그림 122>

는 최대우도법으로 분류한 Landsat TM 영상(좌)과 JERS-1 SAR 영상으로 추출한 Feature를 접목한 결과(우)를 비교하고 있다. SAR 영상과의 융합을 통해 좀 더 세분화된 분류가 이루어진 것을 살펴 볼 수 있다.

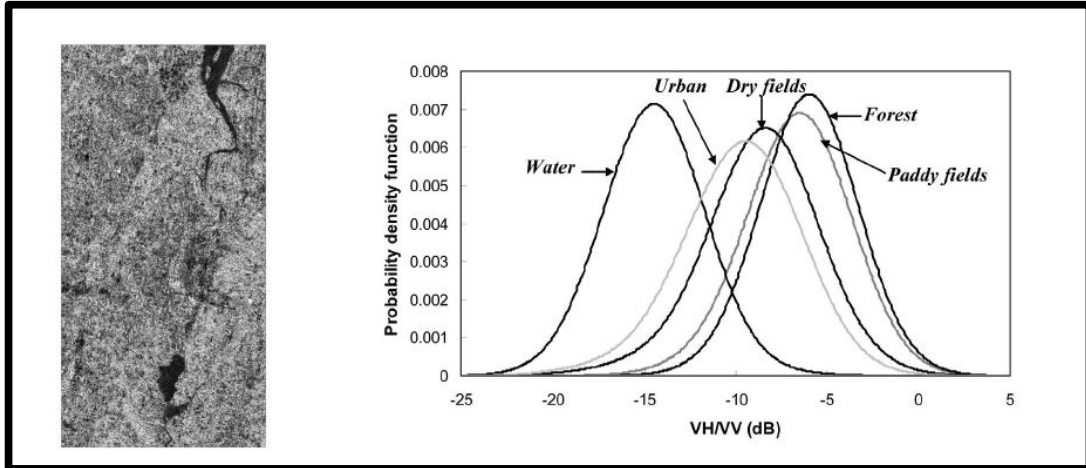


<그림 122> JERS-1 SAR, Landsat TM 영상의 융합 (Nguyen, 2000)

- 다중편파 자료의 활용

- 현재 운용중인 SAR 위성은 Envisat(ASAR), Radarsat-2, ALOS(PALSAR), TerraSAR-X 등이 있고, 이는 다편광, 다편파, 복합모드를 지원하는 제 2세대 인공위성 SAR 시스템이라고 할 수 있다. 이러한 SAR 센서들은 다편광(C, L, X band), 다편파(HH, VV, HV, VH), 복합모드(Spot, Strip, Scan 등)의 기능을 지원함으로써, 향상된 공간·편파 해상력을 제공하고 다양한 목적에 부합하는 영상 촬영을 가능하게 하여 활용도를 높였다.
- Envisat ASAR C band, 다중편파 영상을 이용하여 산림과 밭의 분류 정확도를 높일 수 있음을 제시하였다(박노욱 외2, 2007). Envisat ASAR 자료는 HH/VV, VH/VV, HV/HH 등 두 개의 편파 자료를 동시 획득이 가능하다. 교차편파비 VH/VV는 이론적인 모델과 지표실험에 따르면 자연 피복물에서 표면 거칠기가 증가하거나 식생의 피복 정도가 강해질수록 커지는 것으로 보고되고 있으며(Ulaby and

Dobson, 1989), 일반적으로 수계에서는 작은 값을, 농경지에서는 중간 정도의 값을 그리고 산림에서는 높은 값을 나타낸다(Wegmüller et. al., 2003).



<그림 123> VH/VV 편광비의 토지항목 특징 (박노욱 외2, 2007)

- 당진 지역의 2005년 6월의 교차 편파비 VH/VV 영상을 토지 피복 항목간의 상관성을 분석 한 결과, <그림 123>과 같이 수계에서 가장 낮은 값의 분포를 보이고 있으며, 논 항목과 중첩이 있으나 산림에서 가장 큰 값을 보인다. 논 항목은 촬영 시기상 벼의 성장으로 높은 값을 보였다. 주목할 만한 점은 기존의 단일 모드 자료에서 혼재가 두드러졌던 밭과 산림의 특징이 분리되어 두 피복 항목간의 구분이 가능하다는 것이다.

나. Kompsat-5 SAR 영상의 활용

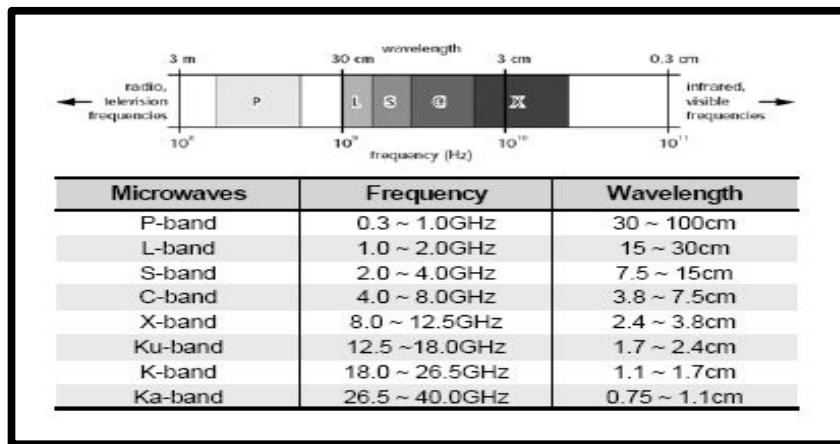
- 2010년 발사 예정인 Kompsat-5 위성은 X band SAR 센서를 탑재하여, 향후 SAR 영상의 활용도가 더욱 높아질 것으로 예상된다. 마이크로파의 주파수가 증가할수록 물리적인 분해능도 향상되고, 이는 주파수가 높은 마이크로파를 사용하면 레이더 영상의 해상력이 증가한다는 의미가 된다

(신재민, 2005).

- <표 36>과 같이 KOMPSAT-5는 다양한 모드를 지원하고, X band를 사 용함으로써 최고 해상도 1m로, SAR 영상 중에서도 고해상도의 영상을 제공할 수 있다.

<표 36> KOMPSAT-5 재원

Orbital Altitude		550km			
Orbit		Sun-Synchronous			
Channel		X band (0.031cm)			
Mode	Swath	Resolution	Spot	5km	1m
			Stripmap	30km	3m
			scanSAR	100km	20m
Polarization		Single(VV)			



<그림 124> 마이크로파의 분류 (신재민, 2005)

- 지상 관측 X band 산란계를 이용하여 벼의 후방산란계수를 측정하여 그 특징을 분석한 연구 사례가 있다(Kim et al., 2000). 포항시 교외의 평야 지역의 벼 생장에 따른 후방산란계수를 측정한 뒤, ERS C band 후방산란계수 값과 비교하였는데, X band 후방산란계수는 C band에 비해 일찍 최대값이 나타났다. C band는 벼 생장일의 100일 전후로 -5dB~-7dB로

나타났고, X band는 벼 생장일의 43~60일에 -10dB~-12dB로 나타났다. 따라서 X band SAR 영상은 5월 중순에서 7월 초순에 벼에 대한 시간적 변이도가 가장 크므로, Kompsat-5 SAR 영상을 이용할 경우 이를 고려하여 다중시기 영상을 선택해야 할 것이다.

- Kompsat-5 SAR 영상은 앞서 제시한 여러 연구 사례들의 반영이 가능할 뿐만 아니라, 영상이 촬영된 후, 토지피복분류, 농경지면적 산출에 대한 연구들이 지속적으로 진행·개선된다면, 기상상태와 구름에 영향을 받지 않고, 최대 1m의 고해상도 영상이라는 이점이 있으므로, 위성영상을 이용한 피복분류, 농경지면 산출 시에 지금보다 향상된 결과를 도출 할 수 있을 것으로 예상된다.

다. 식생지수 활용을 위한 위성영상 검토

(1) 식생지수의 개요

- 위성영상으로 산출한 식생지수는 농업통계 혹은 관측을 목적으로 전반적인 식생의 작황상태 및 수확량 추정을 위한 기초자료로 활용할 수 있다.
- 식생지수는 위성 센서의 스펙트럼 범위에 따라 다르게 나타나는 식생의 흡수와 반사 정도를 분석하고, 이를 효과적으로 활용하여 나타낸 수치이고, 이는 지표면의 식생 또는 생태계 분포를 조사하는 지표로써 다양한 분야에서 적극 활용되고 있다.
- 식생지수는 비율식생지수(RVI: Ration Vegetation Index), 토양보정식생지수(SAVI: Soil Adjusted Vegetation Index), 수직식생지수(PVI: Perpendicular Vegetation Index), 가중차이식생지수(WDVI: Weighted Difference Vegetation Index), 지구환경모니터지수(GEMI: Global Environment Monitoring Index) 등 여러 가지 종류의 식생지수가 다양하게 사용되고 있으며, 이 들 각각이 모두 장단점을 가지고 있으므로 분석목적에 가장 적합한 방법을 선정하여 사용하는 것이 중요하다.

(2) 정규식생지수

- 위와 같이 식생지수의 종류는 매우 다양하나, 본문에서는 현재 가장 일반적이고, 많이 사용되고 있는 식생지수인 정규식생지수 (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)에 대한 설명을 통해 식생지수에 대한 이해를 돕고자 한다.
- NDVI는 근적외 밴드와 적색밴드 영상의 차이를 이들의 합으로 나누어줌으로써 일반화 해준 형태의 식생지수으로써 계산식은 다음과 같다.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

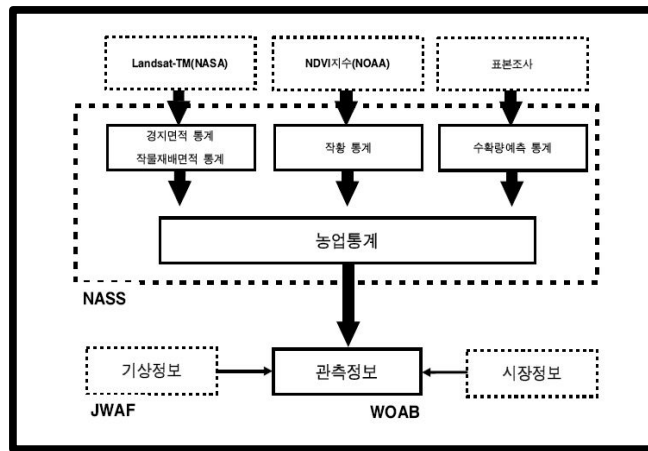
- 결과 값이 항상 $-1 \leq NDVI \leq 1$ 사이의 값을 갖는다는 특징을 가지고 있지만, 실제로는 NDVI 값이 식생의 양이 많을수록 1에 가까워지고, 적색 파장영역에서 상대적으로 높은 반사도를 갖는 물의 경우에는 음의 값을 나타내므로 일반적으로 $0 \leq NDVI \leq 1$ 사이의 값만을 사용하여 분석을 수행한다. NDVI는 일반화된 지수으로써 식생지수 중에서도 가장 활용도가 높아, 지표면의 식생변화, 작황분석, 가뭄발생지역 검출 등 다양한 연구에 객관적인 자료로 사용되고 있다. <표 37>은 인공위성영상별로 정규식생지수를 산출하는 방법을 간략하게 보여주고 있다.

<표 37> 인공위성영상별 정규식생지수 산출법

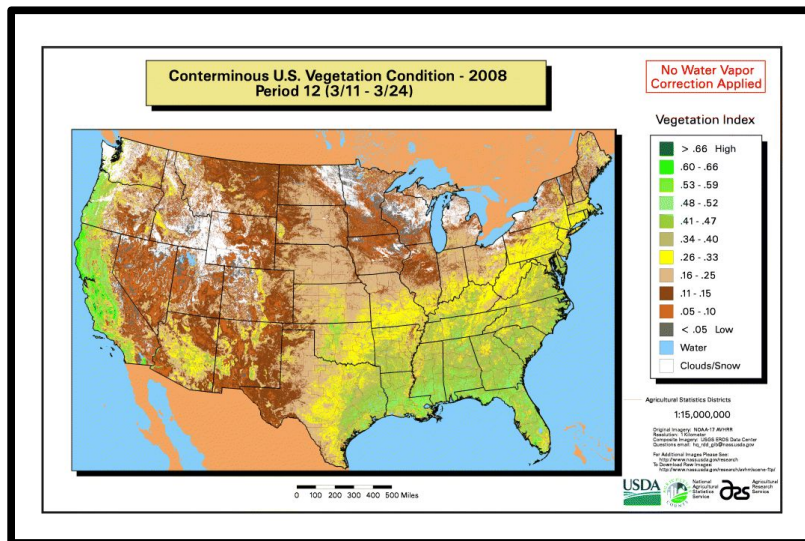
인공위성영상	식	밴드 범위	Swath	Resolution
NOAA AVHRR	$\frac{B2 - B1}{B2 + B1}$	B1 : 0.58~0.68 μ m B2 : 0.73~1.0 μ m	2,700km	1.1km
Landsat TM	$\frac{B4 - B3}{B4 + B3}$	B3 : 0.63~0.69 μ m B4 : 0.76~0.90 μ m	185km	30m
Landsat7 ETM+	$\frac{B4 - B3}{B4 + B3}$	B3 : 0.63~0.69 μ m B4 : 0.76~0.90 μ m	185km	30m
SPOT-5 HRG	$\frac{B3 - B2}{B3 + B2}$	B2 : 0.61~0.68 μ m B3 : 0.78~0.89 μ m	60km	10m
Terra/Aqua MODIS	$\frac{B2 - B1}{B2 + B1}$	B1 : 0.62~0.67 μ m B2 : 0.75~0.9 μ m	2,330km	250m
Envisat Meris	$\frac{B14 - B8}{B14 + B8}$	B8 : 0.66~0.76 μ m B14 : 0.85~0.88 μ m	1,150km	300m

(3) 식생지수 활용

- 현재 미국 농무부 농업통계국에서는 재배면적 및 작황추정을 위해 원격 탐사 기법을 도입하고 있는데, 그 과정에서 NOAA위성의 AVHRR 센서를 이용한 NDVI 지수를 이용하여 전반적인 활력도를 파악하여 작물 재배면적 및 생산량 통계 확정을 위한 판단자료로 활용하고 있다<그림 125>,<그림 126>.



<그림 125> 미국 농업 위성정보 활용 프로세스 (권오복 외1, 2007)



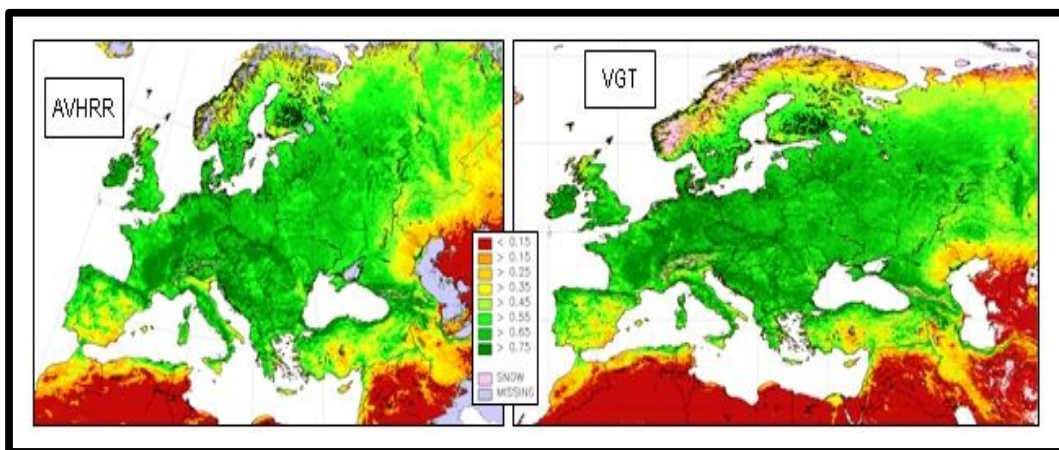
<그림 126> 미국 농업통계국 NDVI 활용 사례

- 미국 뿐만 아니라 캐나다, EU 등에서도 농업관측을 위한 기초자료로 위성영상으로 산출한 식생지수를 활용하고 있고, 모두 NOAA AVHRR 영상의 NDVI를 사용하여 작황, 생육, 가뭄 상태를 분석한다. <그림 127>은 국가별 농업관측에 식생지수를 포함한 위성정보를 활용한 현황을 보여준다.

	재배면적		작황		
	위성	해상도	위성(센서)	해상도	지표
미국(NASS)	Landsat	30m	NOAA(AVHRR)	1,000m	NDVI지수 RATIO지수 ²⁾
	QuickBird ¹⁾	0.6m			
캐나다(CCAP)	-	-	NOAA(AVHRR)	1,000m	NDVI지수 RATIO지수 ²⁾
EU(MARS)	SPOT	2.5m	NOAA(AVHRR)	1,000m	NDVI지수
			SPOT(VGT)	-	NDVI지수 지표면온도

1) 오렌지 등 일부과수품목의 경우 재배면적 산출을 위해 고해상도 영상과 관련 산출 소프트웨어를 활용함.
2) RATIO 지수는 NDVI지수의 전년대비 증감지표임.

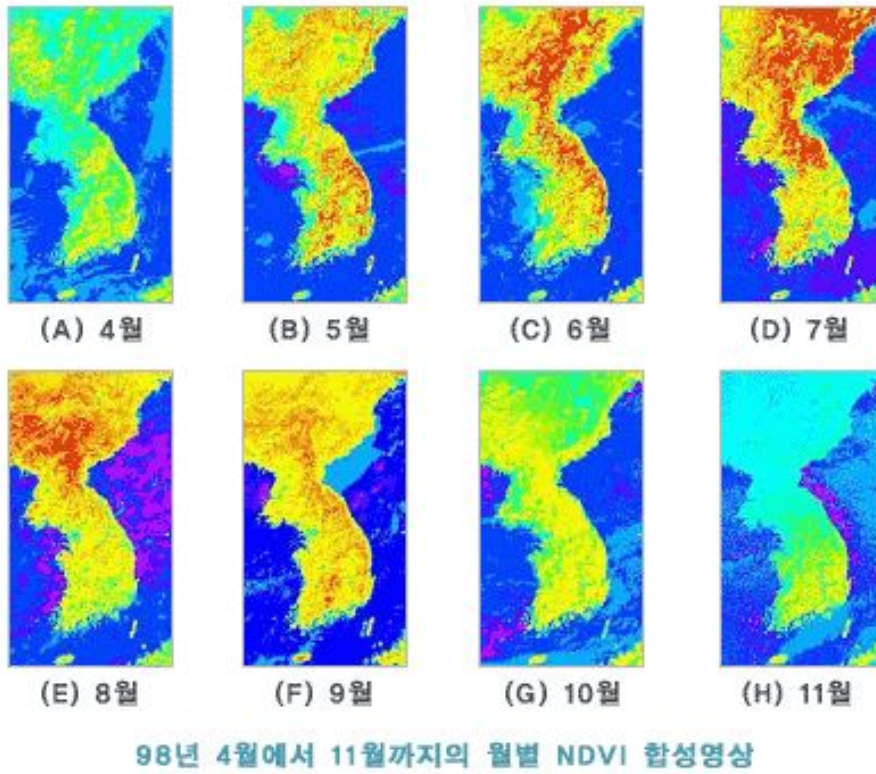
<그림 127> 국가별 재배면적, 작황 산출 위성정보 현황
(권오복 외1, 2007)



<그림 128> 유럽의 NOAA AVHRR과 SPOT VGT NDVI 활용 사례 (김충실 외2, 2005)

- 우리나라에서는 토지피복분류 및 변화, 가뭄 추정, 녹지 변화, 황사 발생, 환경 변화 등 다양한 연구에 기초자료로써 NDVI 수치가 활용되고 있다. 농업분야와 관련해서는 Landsat 영상으로 산출한 NDVI 지수와 벼 백미 수량과의 상관관계를 분석한 바 있고(이충근 외5, 2007), 밭작물의 분광반사 특성과 식생지수를 살펴본 바 있다(신용희 외2, 2003). 국내 NDVI 활용 연구사례들은 특정 주제의 연구를 위한 참고자료로 활용하거나, 국지적인 연구 사례가 대부분이었다.
- 식생지수를 국가 전체의 농업통계 및 관측의 기초자료로 활용할 시에는 우선 한반도 전체의 식생지수를 포괄적으로 취득하는 것이 요구되므로, 촬영폭이 넓은 NOAA AVHRR, Terra/Aqua Modis, Envisat Meris 영상을 활용하는 것이 효과적이고, 지역적으로 더욱 자세하게 생육 정도를 분석하기 위해서는 촬영폭은 좁으나 해상력이 높은 Landsat, SPOT 등의 위성영상이 추천된다. 광학위성영상의 특성상 구름 처리 등의 작업이 요구되므로, 다른 국가의 응용사례와 같이 단위 기간별 구름 및 기타 관측을 방해하는 요소가 가장 작은 영상을 선택하여 사용할 필요성이 있다. 나아가 국내외 선행 연구사례들을 분석·응용하여 실제로 한반도 영역의 식생지수 값을 이용하여 작황상태, 농업통계자료를 도출하는 표본연구들이 선행되어야 할 것이다.

한반도 식생지수의 계절적 변화
-NOAA AVHRR 영상자료



<그림 129> 한반도 식생지수 현황 (이승호 외1, 1999)

제 6 장. 요약 및 결론

1. 연구의 목적

- 현행 농업통계 조사방법은 현장 실측조사를 그대로 사용함으로써, 업무부담의 가중 및 비표본 오차 발생 가능성이 존재하여 조사방법의 현대화로 인한 효율성과 정확성의 제고가 시급한 상황임.
- 원격탐사기술의 농업통계활용 중장기 계획에 의거 농업통계업무의 근간인 경지총조사 및 경지조사구 관리업무부터 원격탐사기술을 도입하기 위한 방법론 개발과 업무 매뉴얼 개발이 시급함.
- 해외선진국의 경우 농업통계생산에 원격탐사기술을 이미 실용화하여 경지면적조사, 경지모집단 관리, 재배면적조사, 작황예측분석 등에 활용
- 본 연구에서는 2006년 성공적으로 발사되어 정부부처에 무상으로 공급되고 있는 Kompsat-2 1G영상을 활용하여,
 - 기본목표: 국내 경지총조사 및 벼 재배면적조사에 원격탐사기술을 도입하기 위한 방법을 개발하고, 개발된 방법을 업무에 활용하기 위한 구체적인 업무매뉴얼을 작성함으로써, 농업통계의 생산체계 향상, 국내 농업통계생산의 과학화 및 정확도 향상 기여, 업무자동화를 통한 업무 효율성 증대 및 예산절감, 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산 실용화 기반 마련
 - 부속연구목표 1: 3개 시범지역(시·군)에 대한 경지총조사, 벼 재배면적조사
 - 부속연구목표 2: 발주기관이 자체로 시범사업을 추진할 수 있도록 상세 업무매뉴얼 작성 및 교육
 - 부속연구목표 3: 원격탐사기술을 활용해 해당업무를 전국단위 업무로 확대하기 위한 향후추진방안 제시
 - 부속연구목표 4: 농업통계분야 원격탐사기술이 실용화된 선진국의 응

2. 해외사례 심층조사

- 원격탐사기술의 농업통계활용 중장기계획의 원활한 추진을 위해, 국외(미국, 일본)을 방문하여 원격탐사기술의 활용 현황을 파악하고, 국내의 농업통계생산에 활용하기 위한 기술습득 및 국내 도입시 선결사항을 사전에 검토
 - 미국의 사례조사는 농무부 농업통계국 경지조사과, 공간분석과, 캘리포니아 Field Office 방문 조사
 - 일본의 사례조사는 동북대학교 사이토 겐야 교수 면담 및 자료 수집
- 미국의 농업통계국은 1954년부터 전 국토에 대한 모집단 단위구 구축을 해왔으며, 1978년부터 원격탐사기술을 단위구 구축 업무에 도입하였음. 구축된 모집단 단위구로부터 전국 11,000개의 표본 단위구를 추출하며, 해당 표본으로 재배면적조사, 수확량조사, 농가경제조사 등을 수행
- 미국의 경지총조사 및 단위구 구축업무는 GIS기술과 원격탐사기술을 접목하여 현장조사 없이 농업통계국 본부에서 수행
 - GIS Tool을 이용한 단위구 구획, 영상판독을 통한 층화, 층별 단위구 추출, 항공사진을 이용한 단위구 요도 작성 등
 - 해당 업무수행을 위해 30명의 전문인력 운용
- 미국에서의 층화란 토지를 토지이용 범주에 따라 포괄적으로 분류하는 작업으로, 층화기준은 경작지와 비경작지의 구분이 가장 중요한 항목이며, 일반적인 층화기준은 5가지이나 특정 주에서는 경작비율에 따라 경작지를 몇몇의 층으로 다시 층화함
- 단위구를 이용한 층화작업을 위해 경력 10년 이상의 전문 영상 판독가가 육안판독 수행하며, 각 작물별 판독방법을 매뉴얼화 하여 활용

- 농업통계국 본부에서 필지 및 작물군 구별이 가능한 항공사진 단위구 요도, 각 필지별 영상관독결과, 농가등록정보(필지별 소유주, 작물별 재배면적 수록) 등을 Field Office에 제공하면, Field Office에서는 해당 단위구의 필지별 소유주, 작물별 재배면적을 사전에 상당부분 파악한 상태에서 단위구 내의 농가를 방문하여 항공사진요도를 보며 청취조사함. 인터뷰가 불가능한 경우에만 조사원이 현장조사 실시
- 작물재배면적 조사는 1972년부터 Landsat을 이용해 8년 동안 재배면적추정조사를 실시하고, 1980년 아이오와주 재배면적조사에 실용화함
- 표본에 대해서는 현장조사, 영상관독을 통한 전수조사 모두 수행하고 있으며, 상호 보완적으로 활용하고 있으며, ASB에서 양자를 비교검토하여 최종통계 확정
- 영상관독이 용이한 작물의 경우, 최근 10년 간의 공식통계와의 차이, 분산의 크기를 상호 비교한 결과, 원격탐사결과가 더 정확도가 높은 것으로 분석됨
- 현장실사데이터와 영상관독결과와의 회귀분석을 활용한 재배면적 추정기법 활용
- 최근 영상관독 시스템 및 방법론을 전반적으로 업그레이드하여, 현재는 데이터 마이닝 기법인 Decision Tree 기법을 활용한 솔루션 채용
- 현재 주별로 관독가능한 모든 작물의 재배면적을 원격탐사로 추정하고, 해당 결과를 GIS 데이터베이스화하여 서비스
- NOAA 위성의 AVHRR 센서를 이용한 식생지수로 전반적 작황수준을 측정하여 작물재배면적 및 생산량 통계 확정을 위한 판단자료로 활용
- 작물성장기를 중심으로 전국의 작황현황을 1주 단위로 분석
- 일본의 농림업 통계조사는 1950년 세계농림업 통계조사 이후, 10년마다 국제조약에 근거해 실시하고는 것과 동시에, 그 중간 년에는 일본 독자적

인 농림업 통계조사를 실시

- 전국 180개소에 이르는 통계정보센터를 비롯해 도도부현(都道府縣), 농정국 단위로의 실시체제를 정비해 통계조사를 실시
- 경지면적조사는 전국의 논경지와 밭경지를 대상으로 하고 있으며, 2008년 표본수는 논 31,198, 밭 24,283 개를 대상으로 경지의 종류별 면적과 확장 및 폐 면적을 조사
- 경지별 면적의 경우, 전국의 경지와 그 주변에 있는 개간 가능한 토지를 약 2ha(홋카이도 10ha) 단위로 묶어서 약 194만개의 단위구 모집단을 생성하고, 여기에서 추출한 표본 단위구에 대해 센터 직원 또는 조사원이 대지 표본 실측조사를 실시해, 이 결과에 근거하여 추정
- 대지 표본 실측조사의 효율이 나쁜 원격지, 낙도, 시가지 등에 대해서는, 센터 직원에 의한 순회·견적, 관계기관으로부터의 정보 수집, 항공사진 등을 이용해 보완
- 경지의 종류별 확장 및 폐 면적은 센터직원에 의한 순회·견적, 관계기관으로부터의 정보 수집, 항공사진 등을 이용해 실시
- 농림수산성과 우주항공연구기구는 경지파악을 위한 면적조사의 모집단 정비를 위해 판독 참조도로서 2006년 1월에 발사된 일본 자체 위성인 다이치 위성영상의 활용 가능성을 파악하고, 2007년부터 영상을 구입하여, 1도, 1도, 2부, 41현의 지방농정국 및 농정사무소 등에서 실제 이용
- 2008년에는 수도작부 상황파악을 위해 영상을 이용하고 있으며, 피해경지의 수량파악 조사, 손해평가방법 확립의 검토도 시행
- 농업분야 원격탐사 활용 연구사례로 2008년 2월 규슈에서 열린 RS 지역포럼 자료와 일본 방문시 입수한 농업 RS Handbook 내용 발췌
 - 면적통계조사에 있어서 고해상도 위성영상을 이용(본문 참조)
 - SAR 데이터를 이용한 수확면적의 구적(본문 참조)
 - SAR에 의한 벼 경작 면적에 관한 연구(본문 참조)

3. 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 방법 개발

- 원격탐사를 이용한 경지총조사 시범 사업을 수행하기 위해 위성영상 배포처의 검색시스템을 통해 무상으로 제공하고 있는 KOMPSAT-2 위성영상을 검색하였고, 메타자료와 썸네일을 입수하여 DB를 구축하고, 사용가능한 영상을 선별하였음
- 시범 사업 대상지 선정은 위성영상의 획득의 용이성을 최우선 조건으로 하였으며, 현장조사의 접근성, 지역분배 그리고 계청 국가통계포털 서비스에서 제공하고 있는 국토면적자료와 경지면적 자료를 입수하여 경지면적이 비교적 많은 지역을 우선순위로 하여, 김제시, 김포시, 연기군을 시범지역으로 선정하였음
- KOMPSAT-2 위성영상은 5~10월을 기준으로 생육시기의 영상 수집을 기본으로 하였으며, 생육시기의 영상 중 만족하는 영상이 없는 경우 가능한 구름이 없는(Cloud Free) 자료를 선별하여 사용하되, 생육시기의 영상 중 구름이 포함되어있는 영상을 추가로 입수하여 참조자료로 활용하였음
- 위성영상 기하보정 작업은 국토지리정보원에서 1/5,000 수치지형도를 구매하여 사용하였으며, 수치지형도 일부 미제작 지역인 김포시의 경우 국토지정보시스템(KLIS)에서 지형도를 협조 받아 사용하였음
- Signature 선정을 위해 각 지방통계청 출장소를 방문하여 작물재배조사표와 표본 단위구 요도를 입수하였으며, 입수된 자료로부터 영상의 촬영일자과 맞는 시기의 작물 재배면적 조사 내용을 디지털화하여 참조자료로 사용하였음
- 기하보정에 사용된 KOMPSAT-2 영상은 한 차례 기하보정 된 바 있는 1G Level의 영상으로 제품에 대한 품질수준이나 위치정확도 등이 명확하게 검증되어 있지 않아 본 사업에서는 참조자료를 활용하여 위치보정 작업을 재차 수행하여 활용하였음
- 기하보정에 따른 위치 정확도(RMSE)는 평지의 경우 평균 2.79로 나타났

으며, 산지의 경우 6.17로 평지에 비해 산지의 위치정확도 오차가 크게 나타남. 이는 사업 수행의 원시 영상을 1G Level을 사용하였기 때문으로 판단되며, 위성영상 배포처에서 다른 처리수준의 영상을 제공하는 경우 정확도 향상이 가능하리라 판단됨

- 위성영상 기하보정 작업시 resample 방법을 달리하여 화소 기반 분류를 위한 영상(Nearest Neighbor)과 객체기반 분류 영상(Cubic Convolution)을 각각 생성하였음
- 화소기반영상분류는 농경지의 이용현황에 중점을 두어 논, 밭, 과수, 시설재배지, 산림, 수역, 구조물의 분류체계로 Maximum Likelihood Classifier를 적용하였음
- 육안판독과 현장조사로 방사값이 균질한 지역을 훈련지역으로 선정하였음.
- 위성영상의 촬영시기가 판이하여 농경지의 이용현황도 다양하므로 각 영상에서 농경지의 특성을 잘 파악하여 각 클래스마다 다양한 훈련지역을 선정하고, 각 지역의 화소기반분류의 정확도를 산출하였음. 산출된 각 지역의 화소기반분류의 전체정확도는 김포시 57.25%, 김제시 54.69%, 연기군 52.90% 임
- 객체기반 분류를 수행하기 위해 Region growing 분류 방식을 지원하는 프로그램인 Definience image사의 Developer7을 사용하여 객체기반 분류 작업을 수행하였으며, Scale parameter 값을 50으로 하여 Segment를 생성하는 경우 현재의 필지 구획을 가장 잘 반영하는 것으로 나타났음
- 두 가지 분류 결과의 합성을 위해 Leica의 ERDAS Imagine Software에서 제공하는 Vector Utilities 모듈의 Majority 방법을 사용하였음
- Majority 가 적용된 분류지도는 육안판독을 통해 논, 밭, 과수, 시설재배지의 클래스마다 편집이 필요한 기준을 정하여 농경지의 형태 및 속성을 수정하였음

- 육안판독이 끝난 최종 분류지도는 다시 raster화 하여 최종 정확도 검증을 실시하였음. 최종정확도검증을 위해 검수점을 무작위로 추출하고 추출된 검수점에 대해서는 현장조사를 실시하여 분류된 클래스와 현장의 농경지이용현황을 비교하였음. 각 지역의 최종 전체정확도는 김포시 92.03%, 김제시 90.63%, 연기군 85.67% 비교적 높게 나타났음
- 단위구 모집단 생성을 위해 위성영상 분류 및 판독 작업의 결과로 생성된 공간자료를 2ha 단위로 묶는 알고리즘을 개발하였음
- 단위구 생성 자동화 알고리즘은 각각의 폴리곤에 대해 인접 폴리곤을 검색하는 검색 알고리즘과 하나의 폴리곤을 기준으로 그 폴리곤이 추가되기 위한 가장 적합한 단위구를 찾기 위해 이미 생성된 단위구를 확인·관리하는 단위구 관리 알고리즘으로 구분되어있으며, 생성된 결과는 90% 이상이었음.
- 현재는 단위구 생성 조건에 따른 DB 수정 작업이 수반되어 나타난 결과이기도 하나, 추가적인 알고리즘 제안사항에 대한 구현으로 더 좋은 성과를 낼 수 있다고 판단됨
- 본 시범사업에서는 현재의 자동화 알고리즘으로 단위구 모집단을 생성시각화 하였음. 생성된 단위구 모집단은 지역별로 전체 경지면적 대비 김제시 92.37%, 김포시 93.82%, 연기군 83.22% 로 높은 수치를 보였음
- 우리나라의 농업통계조사는 지적도를 기준으로 전국의 경지를 시·군별로 인접 필지끼리 약 2ha 크기로 묶어 단위구를 설정한 후 10년 단위로 조사대상 단위구를 표본추출하여 현장조사를 하는 방법으로 진행되고 있음.
- 표본 단위구 추출은 모집단 단위구에 11개로 구분된 층화지표에 의해 성격이 다른 층으로 분류하고 각각의 층별 표본 추출방법을 적용하여 사용하고 있음. 그러나, 원격탐사를 이용하여 경지 조사를 하는 경우 입수된 영상의 Quality에 따라 판독 가능한 작물의 종류 및 정도가 제한되어 있

음. 따라서, 본 연구에서는 위성영상에서 판독 가능한 경지의 종류를 파악하고 이에 적절한 층화기준을 제시하였음

- 신 층화기준(안)은 기존 11개 층으로 나뉘어 있던 층화기준을 총 5개 층으로 나누고, 1층은 벼의 비율이 100% 인 단위구, 2층은 벼의 비율이 50%이상~100% 미만인 단위구, 3층은 벼의 비율이 0%이상~50% 미만이며 작물의 형태는 밭인 단위구, 4층은 벼의 비율이 0이상~50% 미만이며, 과수재배면적이 6,600m²인 단위구, 5층은 벼의 비율이 0이상~50% 미만이며, 시설이 3,300m²인 단위구로 정의 함
- 생성된 단위구 모집단을 기준으로 각각의 층을 계산하여 신 층화기준(안)에 따라 층화맵을 제작하였음
- 생성된 모집단 단위구에서 각 층별로 무작위로 표본 단위구를 추출하고, 추출된 표본 단위구는 단위구내 필지를 지형형태로 다시 벡터라이징한 후 관리번호 ID와 부가 정보를 추가하여 표본 단위구 레이어를 생성하였음.
- 이렇게 생성된 표본 단위구 레이어를 이용하여 요도를 작성하고 작성된 요도를 이용하여 현장조사를 실시하였음
- 최종분류지도와 기존의 통계청 KOSIS자료, 토지대장, 지적도 폴리곤면적을 이용하여 농경지면적을 비교한 결과, 김포, 김제지역은 최종분류지도와 통계청 KOSIS자료의 면적이 비슷하게 산출되었으며 토지대장, 지적도 폴리곤과는 10%이상의 면적차이를 나타내었음. 연기군의 경우 최종분류지도의 면적이 가장 많이 나왔으며 통계청 KOSIS자료, 토지대장, 지적도 폴리곤순으로 나타났음.

4. 향후 추진 방안

- 본 연구에서는 향후 원격탐사기술을 활용한 전국규모의 경지총조사 업무 수행 및 기타 관련 업무에의 효과적인 활용을 위해서 향후 구축해야할

- 목표시스템의 구성과 소요비용 및 인력을 추정해 보았음.
- 목표시스템의 구성은 원격탐사기술을 활용한 지속적인 전국규모의 경지총조사 수행을 위해서 필수적인 원시영상과 처리결과 영상을 관리하는 위성영상 관리시스템, 영상과 결과물의 검색과 확인을 위한 검색시스템, 위성영상을 활용한 경지총조사 사업의 가장 핵심인 모집단 단위구 자동 생성 및 관리를 하는 자동화 처리시스템, 사용자가 각각의 단위시스템에 업무를 부여하고 결과를 확인하는 사용자 시스템, 그리고, 이 모든 것을 관장하는 통합운영자 시스템 등으로 구성해 보았음.
 - 향후 전국단위로 사업을 수행할 경우 예상되는 인력과 비용은, 본 연구에서 수행한 3개 시군 시범사업지역의 면적과 전국의 면적의 비를 구해서, 3개 시군 사업 수행시 소요된 기간과 인력에 적용하여 전국사업시 예상되는 소요인력과 비용을 추정해 보았음.
 - 원격탐사기술을 이용한 전국규모의 경지총조사 수행시 소요비용으로는 목표시스템 구축에 25.4억원, 경지총조사 인건비에 8.5억원, 전국 수치지도 구매비용이 4.5억원으로 총 38.4억원이 소요될 것으로 예상되었으며, 기존의 경지총조사 수행시 예산인 50억에 비해 약 11.6억 정도가 감소될 수 있을 것으로 전망됨.
 - 원격탐사기술을 이용한 3개 시군 경지총조사 시범사업을 수행함에 있어서 가장 핵심적이면서, 위험요소를 많이 가지고 있는 것은 위성영상의 입수 및 입수기간이었다고 할 수 있다. 영상을 신청하고, 입수하기까지의 기간이 전체 사업기간의 1/3 이상이 소요되었으므로, 전국규모의 사업 수행시에는 영상 배포처와 사전 협의에 의해 위성영상이 필요한 작업 프로세스에서 지연되지 않도록, 적절한 시기에 영상을 입수 받을 수 있도록 해야함.
 - 추가적으로, 향후 협의에 있어서는 영상 배포처에서도 KOMPSAT-2 1R 영상을 메타정보와 함께 입수받을 수 있도록 하여, 1G 데이터를 사용함

에 따른 작업공기의 지연 및 최종성과물의 신뢰도 저하에 대한 문제를 해결할 수 있도록 하여야 함.

- 본 연구과제에서 수행한 단위구 모집단 자동화 알고리즘에서는 인접한 경지들을 2ha 단위로 묶는 결과가 총 경지면적 대비 80~90% 정도로 묶이고 있음. 묶이지 않는 단위구들에 대한 해결방법으로는 근처에 적합한 크기의 경지가 존재하지 않아 자동처리가 불가능한 경우인데, 이런 것들에 대해 사용자가 육안으로 판단하여 단위구 생성 조건에 적합하도록 묶어줄 수 있는 기능이 추가적으로 연구되어야 할 것임.

5. 결론

- 본 연구사업은 원격탐사기술을 이용한 경지총조사 방법의 개발과 향후 전국단위 사업을 위한 기반 마련을 위한 것으로, 3개 시군을 시범대상지역으로 하여 기존의 수작업에 의존적이던 경지총조사와 단위구 모집단 자동 생성 알고리즘 개발 등에 원격탐사기술을 적용해 봄으로써 향후 사업진행에 있어서 실효성을 높이고자 하였음.
- 본 연구사업을 통해 얻은 몇 가지 성과와 정책적인 시사점을 정리하면 다음과 같다.
- 첫째, 해외사례 심층조사를 통해 미국과 일본의 농업통계분야 원격탐사기술 활용 및 연구 현황을 살펴본 결과, 우리나라도 고해상도 위성을 보유한 우주개발 분야의 선진국으로서, KOMPSAT 위성 시리즈의 개발 계획과 보조를 맞춰 국내의 농업통계생산에 원격탐사기술의 활용을 위한 지속적인 연구와 연구결과의 축적, 그리고, 관련 자동화시스템의 개발이 필요할 것으로 판단됨.
 - 미국의 경우, 모집단 단위구 구획에 있어서 영상판독 등은 전문판독가에 의한 육안판독 방법으로 수행되지만, 전체 작업과정에 있어서 반복적인 작업과 작업 편의를 위해, 각 단계별로 사용되는 Tool을 적절하

- 게 Customizing하여 사용함으로써, 업무효율을 높이고 있음
- 미국의 작물재배면적조사는 원격탐사기술을 활용하고 있지만, 전적으로 원격탐사기술에 의한 값만 사용하는 것이 아니라, 원격탐사에 의한 분석결과(전체)와 현장실사(표본)된 값과의 회귀계수 도출을 통해 최종 재배면적을 추정
 - 영상판독과 분석을 위한 시스템 및 방법론의 지속적인 개발을 통해 작업기간의 단축과 정확도를 높이고 있음
 - 미국 전역을 촬영할 수 있는 NOAA 위성을 활용하여, 작황현황을 1주 단위로 분석하고 있으며, 당해 연간 비교, 시계열 비교를 통해 자연재해의 지속적인 모니터링을 통해 작물재배면적과 생산량 통계의 공식통계 확정을 위한 참조자료로 활용
 - 본 연구에서는 미국의 경우와 차이가 있지만, 최종적인 단위구 구축에 사용되는 필지들의 속성 결정을 위해 육안판독법을 사용하였음. 그러나, 육안판독의 경우 판독하는 작업자들의 경험정도에 의해 정확도가 크게 좌우되므로, 영상판독의 경험축적은 물론 국내 경지에 맞는 영상 분류법에 대한 새로운 연구 등이 시도 되어야 할 것임.
 - 우리나라와 경지현황이 유사한 일본의 경지면적조사는 논과 밭에 대해서만 실시되며, 홋카이도를 제외한 전국을 우리와 동일한 2ha 단위로 묶고, 표본을 추출하여 실측조사를 실시하고 있음.
 - 2007년부터 일본 자체 위성인 다이치 위성의 영상을 참조도로 활용하여 지방농정국과 농정사무소에서 경지면적조사에 활용하고 있으며, 2008년에는 수도작부의 현황파악과 피해경지 파악, 손해평가방법의 확립 등에 위성영상을 활용하고 있음.
 - 일본에서는 고해상도 영상의 면적통계조사에 활용 이외에, 통계조사시 들어가는 노력의 경감과 효율적인 조사체계 개선을 위해 원격탐사기술을 활용하기 위해, SAR 영상을 이용하여 다양한 방법을 통해 벼 수확

면적 측정, 고원지대의 야채 성장 모니터링, 포기야채와 같은 밭 작물 분석에 관련된 연구를 수행하고 있음.

- 우리나라도 2010년 KOMPSAT-5에 X-band SAR 센서가 탑재되어 발사될 예정이므로, SAR 영상의 농업통계생산 분야 활용을 위해, 여타 다른 국가에서의 SAR 영상을 이용한 농업통계 분야 활용 방법의 연구 및 벤치마킹을 통해 국내적용 가능여부 등에 대해 미리 수행되어야 할 것이라 판단됨

○ 둘째, 본 연구사업을 통해 국산 위성인 KOMPSAT-2 영상을 이용한 경지총조사 방법론의 기본틀을 수립하였으며, 계속사업을 통해 연구대상지역을 확대하여 방법론을 확립해가야 할 것으로 사료됨

○ 셋째, 기존의 지적기반 경지총조사에 있어서의 문제점과 농경지 현황을 잘 반영할 수 있는 기반데이터의 부재에 따른 현 요구사항을 가장 근접하게 반영할 수 있는 영상분류방법을 선정하여, 영상분류에 의해서만 추출되는 경지면적조사가 아니라, 기존의 지적기반 업무에도 적절하게 활용할 수 있는 방안을 제시함으로써, 향후 경지총조사 사업에 원격탐사기술을 활용하기 위한 기반을 마련했다고 할 수 있음.

○ 넷째, 본 연구의 성과를 실무에 적용하기 위해서는 본 사업의 수행함에 있어서 나타난 몇 가지 문제점에 대해 향후에도 지속적인 연구와 실험이 필요할 것으로 판단됨.

- KOMPSAT-2 영상의 수급과 처리레벨 문제의 선결

- 효과적으로 경지 구분을 위한 위성영상 분류기법(픽셀기반, 객체기반)에 대한 다양한 연구 필요

- 미국의 작물재배면적조사 알고리즘에서처럼 다양한 참조자료(DEM, 식생지수, 기타 고해상도 영상 등)를 활용할 수 있도록, 관련 기관 및 부처와의 적극적인 공조는 물론 통계청 내부적으로도 지속적인 위성영상 확보 및 처리와 수집된 자료의 적절한 관리를 통해 향후 시범사업과

전국규모 사업시에는 다양한 참조자료의 활용에 따른 경지면적 분석 정확도 향상에 따른 통계값의 신뢰성 확보 필요

- 영상분류 결과의 육안판독에 의한 수정작업에 필요한 기간과 인력의 감소를 위해서는 관련업무 책임자들의 지속적인 교육과 실습을 통해 위성영상 판독에 대한 경험 노하우를 축적하고, 지속적인 사업 추진에 따른 업무경험이 축적된다면 향후에는 자연스럽게 해결될 것으로 판단 됨.

- 다섯째, 기존의 경지총조사에서 지적도를 이용해 수작업에 의존했던 단위구 모집단 생성 작업은 단위구 자동화 알고리즘의 개발을 통해, 현장조사 업무의 절감과 소요인력 축소에 따른 비용감소 효과를 가져올 수 있을 것이라 판단되며, 차후 진행될 예정인 ISP와 연속된 사업을 통해, 단위구 자동화 알고리즘에 대한 더욱 구체적인 요구사항 파악과 현 알고리즘의 미비점들을 분석하여 많은 연구와 테스트를 통해 개선되어야 할 것임.

참고문헌

- 강영옥, 1998, 「서울시 수치정사사진 제작 및 활용방안 연구」, 서울시정개발연구원
- 권오복, 김재환, 2007, 위성정보의 농업관측 활용 타당성, 한국농촌경제연구원
- 김충실, 박재화 외, 2004, 「주요 선진국 농작물 재보험제 검토를 위한 한국형 모델 연구」, 국회 농림해양수산위원회
- 김충실, 박재화 외, 2005, 「항공우주기술의 농림분야 활용방안 연구」, 경북대학교
- 김충실, 이상호 외, 2008, 「농업통계조사에 원격탐사기술 활용방안 조사 연구」, 경북대학교
- 박노옥, 이훈열, 지광훈, 2005, 다중 시기 SAR 자료를 이용한 토지 피복 구분을 위한 특징 추출과 융합, 대한원격탐사학회지, 21(2): 145-162.
- 박노옥, 이훈열, 지광훈, 2007, SAR 자료에서 추출한 특징들과 토지 피복 항목 사이의 연관성 분석, 23(4):257-272.
- 사공호상, 박성미, 권용대, 2000, 아리랑 2호 위성자료의 활용분야 연구, 국토연구원 · 한국항공우주연구원
- 사공호상, 황승미, 2002, 원격탐사와 GIS 연계 활용방안 연구, 국토연구원
- 신용희, 박종화, 박민서, 2003, 발작물의 분광반사 특성과 식생지수, 한국관개배수, 10(2): 43-54.
- 신재민, 2005, 차세대 위성탑재체 합성개구레이더, 항공우주산업기술동향, 3(1):65-71.
- 유기윤, GIS활용체계의 비용효과분석 방법론 연구, 2003, 건설교통부
- 이승호, 1999, AVHRR 영상자료를 이용한 임분구조 및 산림생장 특성 해석,

국립산림과학원

이종렬, 황승미, 2002, 리모트센싱을 이용한 필지별 토지이용현황 조사방법 연구, 국토연구원

이충근, 김민호, 신진철, 박호기, 이재은, 구본철, 2007, SAR 위성영상을 이용한 벼 생육 및 수량 모니터링에 관한 연구, 작물과학연구논총, 8: 571-579.

이충근, 김민호, 신진철, 박호기, 이재은, 구본철, 2007, SAR 위성영상을 이용한 벼 생육 및 수량 모니터링에 관한 연구, 작물과학연구논총, 8: 571-579.

김규성, 1997, 작물재배면적조사에서 표본추출방법에 관한 연구, 서울시립대학교 논문집 pp.331-346

김순철, Keith Moody, 1983, 이양답에서 식생분석을 위한 최소표본추출 방법에 관한 연구, 한국작물학회지 v28, no.3 , pp 319~322

류제복, 2007. 농촌통계조사 표본설계, 한국조사연구회

윤여상, 2006, 고해상도 영상 및 라이다 자료를 이용한 객체기반 건물 탐지, 한국항공우주연구원

이우균외, 2004, IKONOS 고해상도 위성영상을 이용한 임상분류 및 수치임상도 제작기법, 한국산림측정학회지 v7, no.1 pp 85~93

이정빈외3, 2007, 객체기반 영상분류를 위한 영상분할 가중치 비교, 한국공간정보시스템학회

이종출외, 2006, GIS를 이용한 토지피복 분류 방법에 대한 데이터베이스 구축, 한국과학기술정보연구원

이훈열, 2006, SAR 관련 논문 통계 분석에 의한 SAR 시스템, 기술, 활용분야 고찰, 대한원격탐사학회지, 22(2): 153-174

임혜영외, 2005, 고해상도 위성여상의 효율적 지형분류기법 연구, 한국지형공간정보학회지 v13, no.3, pp 33~40

전성우, 1999, 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류, 한국환경정책·평가연구원

- 전성우, 정성문, 1998, 생태자연도 작성 및 활용을 위한 원격탐사기법 연구 (I), 한국환경정책·평가연구원
- 전성우, 정휘철, 1999, 생태자연도 작성 및 활용을 위한 원격탐사기법 연구 (II), 한국환경정책·평가연구원
- 정수, 이창노, 2004, 고해상도 위성영상의 분류를 위한 형상 기반 분류 소프트웨어 개발, 한국지형공간정보학회지 v12, no.2-2, pp 53~59
- 정재서, 2003, IKONOS 위성영상을 이용한 임상분류 및 구획 기법, 고려대학교 대학원 학위논문
- 조명희, 김광주, 박상우, 1999 “ 지방자치단체에서 GIS구축을 위한 비용편익 분석. 한국지리정보학회 2권 2호 pp87~96
- 한원성, 2005, 지속가능한 산림경영을 위한 산림자원통계 산출방법의 개발, 국민대학교
- 홍성민의, 2004, IKONOS 영상자료를 이용한 농업지역 토지피복 분류기준 설정, 한국원격탐사학회지 v20. no.4 pp253~259
- 홍성언의 2004, 고해상도 위성영상과 수치지형도를 이용한 지목 불부합의 정도 측정, 한국GIS학회지
- 환경부, 2002, 인공위성영상자료를 이용한 토지피복지도 구축, 한국환경정책·평가연구원
- Allen, J. D., 1990, “A Look at the Remote Sensing Applications Program of the National Agricultural Statistics Service”, Journal of Official Statistics, Vol. 6, No. 4, pp 393-409, Statistics Sweden
- C.J. van der Sande, S.M. de Jong, A.P.J. de Roo, 2003, A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment_van der sande, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation no.4 pp217 - 229.

Definiens Developer 7 User Guide, Definiens Understanding Images

Dr. Timm Ohlhof, ESG, Comparison Study Between eCognition and Erdas Imagine for the Classification of High and Moderate Resolution Satellite Imagery, 4th ESA-EUSC Conference on Image Information Mining for Security and Intelligence.

ERDAS IMAGINE® Grouping Tool, Leica Geosystems.

G. Meinel, M. Neubert, 2002, A Comparison Of Segmentation Programs For High Resolution Remote Sensing Data, Leibniz Institute of Ecological and Regional Development.

Hong Suk-Young, Hong Sang-Hon, Rim Sang-kyu, 2000, Relationship between Radarsat Backscattering Coefficient and Rice Growth, KSRS, 16(2): 109-116.

Jensen J.R., 2005, “원격탐사와 디지털 영상처리”, 시그마프레스, pp.554.

Kim S. B., Kim B. W., Kong Y. K., Kim Y. S., 2000, Radar backscattering measurements of rice crop using X-band scatterometer, IEEE Trans., Geosci. Remote Sensing, 38(3).

Naoki Ishitsuka, Genya Saito, Shigeo Ogawa, Ayumi Fukuo, 2001, Rice paddy monitoring using radarsat data, 22nd ACRS conference.

Nguyen D. D., 2000, <http://www.geoinfo.com.vn/UserFiles/File/Cac%20cong%20trinh/13.pdf>.

Ogawa S., Inoue Y., Mino N., Tomita A., 1998, Monitoring of rice field using SAR data and optical data, esa conference.

Qian Yu, Peng Gong, Nick Clinton, Greg Biging, Maggi Kelly, and Dave Schirokauer, 2006, Object-based Detailed Vegetation Classification with Airborne High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing V.72, No.7, pp. 799~811.

Ulaby, F. T. and M. C. Dobson, 1989, Handbook of Radar Scattering Statistics for terrain, Artech House. Norwood, MA.

USDA, Application of GIS, GPS, & Remote Sensing Technologies to access & Optimize Crop Production, 1998, Current Research Information System.

Wanxiao Sun, Volker Heidt, Peng Gong, and Gang Xu, 2003, Information Fusion for Rural Land-Use Classification With High-Resolution Satellite Imagery, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, v.41, no.4.

Wegmüller, U., T. Strozzi, A. Wiesmann, and C. Werner, 2003. ENVISAT ASAR for land cover information, Proc. of IGARSS 2003, Toulouse, France, DVD publication.

農林水産省, 2003, 「高分解能衛星画像データ活用システム開発事業」

石塚直樹, 2004, “水田面積の求積水田面積の求積”, 農林水産RSシンポジウム.

安積大治, 2007, “ALOS/AVNIR-2 データによる北海道水田地帯の農地の土地被覆分類”, 北海道立中央農業試験場

宇宙航空研究開発機構・宇宙利用ミッション本部, 2008, “陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)の成果～宇宙利用の拡大に向けて～”

齋藤元也, 2002, “農業分野での衛星データ利用”, 平成14年度衛星RSデータ農林業WS.

アジア航測株式会社, 2008, 『リモートセンシング地域フォーラムin九州』

～地域活性化とリモートセンシング～, 農業分野におけるリモートセンシングの活用について

부록 I . 시범대상지역 위성영상 모자이크 결과물

김제시

김포시

연기군

부록 Ⅱ. 시범대상지역 영상분류 최종성과물

김제 분류맵

김포 분류맵

연기 분류맵

부록 Ⅲ. 시범지역 총화맵 제작 결과물

김제 증화댐

김포 증화맵

연기 총화맵

부록 IV. 시범대상지역 표본 단위구 요도 샘플

1층_연기군

2층-연기군

3층_김포시

4층_김제시





5층_김제시

부록 V. 시범지역 현장조사대장 샘플


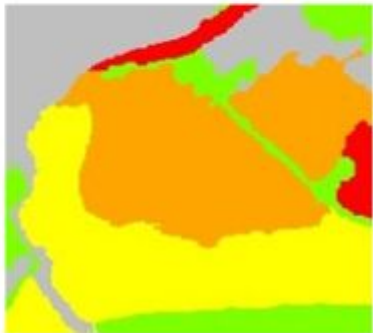
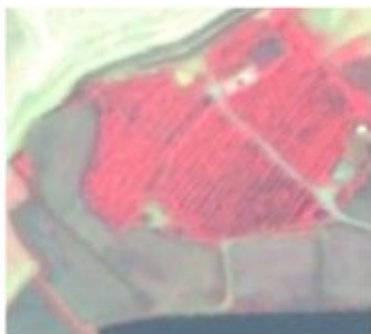
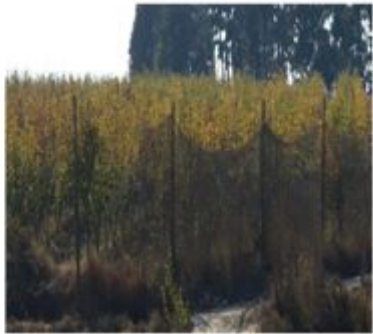
김제 현장조사대장_논

영상이름	김제070610		조사자	BNT	조사번호	No28_192
조사지주소	시도	김제시	읍면	성덕면	동리	대석리
PT일련번호	61	영상좌표	x	184268.69	y	258489.79
영상촬영일자	2007-06-10			현장조사일자	2008-12-09	
분류결과	논			현지조사결과	논	
특이사항						
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		


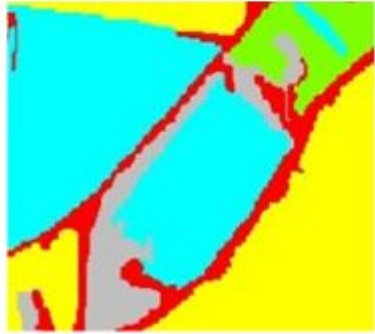
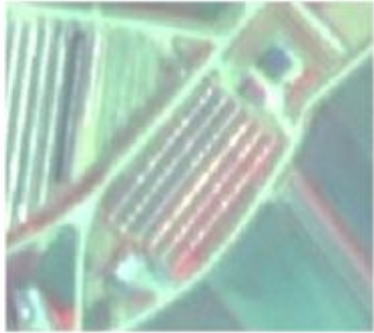

김제 현장조사대장_밭

영상이름	김제080706		조사자	BNT	조사번호	No39-69
조사지주소	시도	김제시	읍면	금구면	동리	금구리
PT일련번호	57	영상좌표	X	200974.44	Y	252769.21
영상촬영일자	2008-07-06			현장조사일자	2008-12-09	
분류결과	밭			현지조사결과	밭	
특이사항						
KOMPSAT-2 자연색합성			분류결과			
KOMPSAT-2 위색합성			현장사진			


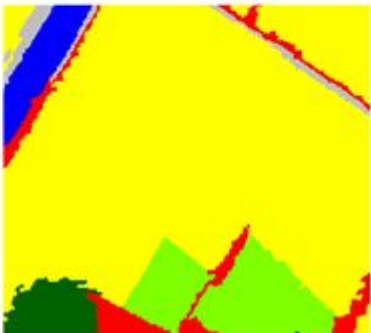


김제 현장조사대장_과수

영상이름	김제070610		조사자	BNT	조사번호	No45_137
조사지주소	시도	김제시	읍면	봉남면	동리	회성리
PT일련번호	122	영상좌표	X	195530.91	Y	247984.36
영상촬영일자	2007-06-10			현장조사일자	2008-12-09	
분류결과	과수원			현지조사결과	과수원	
특이사항	사과과수원					
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		

김제 현장조사대장_시설재배지

영상이름	김제070610		조사자	BNT	조사번호	No28_187
조사지주소	시도	김제시	읍면	성덕면	동리	묘라리
PT일련번호	81	영상좌표	x	184206.48	y	258571.31
영상촬영일자	2007-06-10			현장조사일자	2008-12-05	
분류결과	시설재배지			현지조사결과	시설재배지	
특이사항						
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		


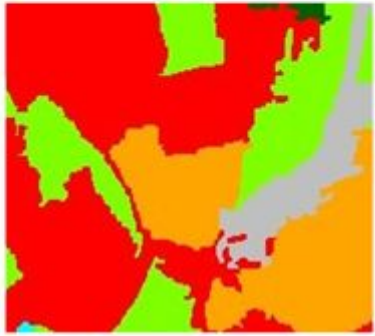


김포 현장조사대장_논

영상이름	김포071130		조사자	BNT	조사번호	No15_63
조사지주소	시도	김포시	읍면	양촌면	동리	학운리
PT일련번호	111	영상좌표	X	163516.00	Y	456675.49
영상촬영일자	2007-11-30			현장조사일자	2008-11-30	
분류결과	논			현지조사결과	논	
특이사항						
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		

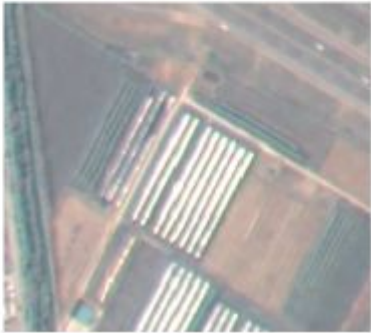
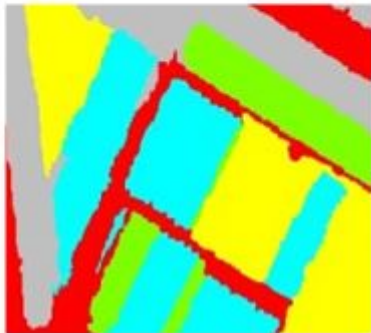
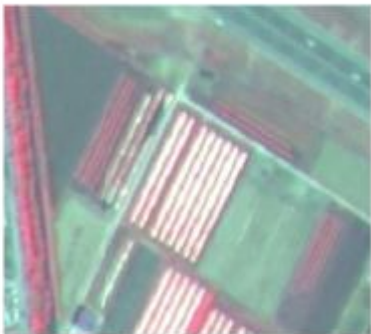

김포 현장조사대장_밭

영상이름	김포070513		조사자	BNT	조사번호	No04_131
조사지주소	시도	김포시	읍면	하성면	동리	양택리
PT일련번호	2	영상좌표	X	167306.26	Y	470891.96
영상촬영일자	2007-05-13			현장조사일자	2008-05-13	
분류결과	밭			현지조사결과	밭	
특이사항	인삼밭					
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		

김포 현장조사대장_과수

영상이름	김포071130		조사자	BNT	조사번호	No21_125
조사지주소	시도	김포시	읍면	대곶면	동리	거물대리
PT일련번호	31	영상좌표	X	164771.51	Y	463002.24
영상촬영일자	2007-11-30			현장조사일자	2008-11-30	
분류결과	과수원			현지조사결과	과수원	
특이사항						
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		

김포 현장조사대장_시설재배지

영상이름	김포070513		조사자	BNT	조사번호	No29_115
조사지주소	시도	김포시	읍면		동리	걸포동
PT일련번호	125	영상좌표	X	174556.47	Y	459861.68
영상촬영일자	2007_05_10			현장조사일자		
분류결과	시설재배지			현지조사결과		시설재배지
특이사항						
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		





연기 현장조사대장_논

영상이름	연기080913		조사자	BNT	조사번호	No.34_29
조사지주소	시도	충청남도	읍면	남면	동리	나성리
PT일련번호	7	영상좌표	X	223743.20	Y	332178.93
영상촬영일자	2008-09-13			현장조사일자	2008-12-02	
분류결과	논			현지조사결과	논	
특이사항						
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		

연기 현장조사대장_발

영상이름	연기080913		조사자	BNT	조사번호	No.20_113
조사지주소	시도	충청남도	읍면	서면	동리	월하리
PT일련번호	60	영상좌표	X	224658.01	Y	343232.46
영상촬영일자	2008-09-13			현장조사일자	2008-12-02	
분류결과	발			현지조사결과	발	
특이사항						
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		

연기 현장조사대장_과수

영상이름	연기080913		조사자	BNT	조사번호	No09_58
조사지주소	시도	연기군	읍면	전동면	동리	송성리
PT일련번호	17	영상좌표	X	219283.39	Y	349656.63
영상촬영일자	2008-09-13			현장조사일자	2008-12-02	
분류결과	과수원			현지조사결과	과수원	
특이사항	복숭아밭					
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		

연기 현장조사대장_시설재배지

영상이름	연기080913		조사자	BNT	조사번호	No.22_9
조사지주소	시도	충청남도	읍면	동면	동리	예양리
PT일련번호	2	영상좌표	X	228524.66	Y	341711.57
영상촬영일자	2008-09-13			현장조사일자	2008-12-02	
분류결과	시설재배지			현지조사결과	시설재배지	
특이사항						
KOMPSAT-2 자연색합성				분류결과		
KOMPSAT-2 위색합성				현장사진		

※ 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 보고에 대한 저작 재산권 일체와 2차적 저작물 또는 편집저작물의 작성권은 통계청이 소유하며, 통계청은 정책상 필요시 보고서의 내용을 보완 또는 수정할 수 있습니다.