

**국가기본도 서비스 혁신을 위한
국토위성센터 운영 및 중장기
발전전략 수립 연구**

- 국토위성센터 운영 방안 -

제 출 문

국토지리정보원장 귀하

본 보고서를 「국가기본도 서비스 혁신을 위한 국토위성센터 운영 및 중장기 발전전략 수립 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 9.

국토연구원 권소시엄

참여연구진

<국토위성센터 중장기 발전전략>

서기환	국토연구원	연구책임자
한우석	국토연구원	연구위원
허 용	국토연구원	책임연구원
성혜정	국토연구원	책임연구원
이시형	국토연구원	연구원
임룡혁	국토연구원	연구원
김지유	국토연구원	연구원

<국토위성센터 홍보전략 및 인력양성>

서동조	서울디지털대학교	교수
강영옥	이화여자대학교	교수
전철민	서울시립대학교	교수

<국토위성센터 운영방안>

김민구	(주)지오스토리	차장
우한별	(주)지오스토리	책임연구원
장성혁	(주)지오스토리	연구원
김경우	(주)지오스토리	보조연구원
안진모	(주)지오스토리	보조연구원

Ⅰ 요약 Ⅰ

차세대중형위성 제1단계 개발 사업을 통해 국토교통부와 과학기술정보통신부가 위성 산업의 발전과 국토자원관리 관련 공공부문 수요 대응, 국가공간정보 활용 서비스 제공을 목표로 차세대중형위성 1·2호기(해상도 흑백 0.5m급, 칼라 2m급)를 개발하고 있다. 국토관측위성의 역할은 위성정보 활용이 다양화·전문화되고 국가의 주요정책이 위성정보를 중심으로 추진되는 상황에서 국토분야의 위성정보를 체계적으로 생산·관리·공급함으로써 국토교통부 현업과 관련 산업분야를 지원하고 나아가 국토관리에 관한 정책위성으로서의 역할 수행이다. 이를 위해서 국토교통부는 국토지리정보원에 국토위성센터를 설립하고, 국토위성정보를 수집·활용하기 위한 위성영상시스템을 개발하여('20년말 완료), 국토관측위성에 대한 위성정보의 수집·생산·관리·제공 업무를 수행할 예정이다.

전체적인 운영방안 수립을 위해 국내외 위성센터의 현황을 분석을 통한 국토위성센터 운영 모델과 위성의 궤도특성을 고려한 위성운영계획 및 센터의 운영계획(안)을 작성하였으며, 위성정보 처리용 위성영상시스템에 대한 분석을 통한 시험운영 시 고려사항과 절차를 검토하여 국토영상정보 통합플랫폼 운영 시 한반도 전역에 대한 국토영상지도를 구축하기 위한 시험방안 모색, 시스템 운영을 위한 인력과 조직을 검토하였다. 이에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

국내외 위성센터에 대한 조직, 역할, 기능, 인력·예산 등에 대한 일반적인 현황 조사는 선행 연구와 타 기관의 위성센터 구축 연구 등에서 이미 수행되어 관련사항을 정리하였으며, 본 연구에서는 국내 타 위성센터의 위성 활용을 위한 활동, 검보정, 운영 현황 등을 정리하여 국토위성센터의 운영 방안(안)에 반영하였다.

국토관측위성 촬영 시뮬레이션을 위해 사양서와 사양서에 명시되어 있는 많은 요소들을 별도의 계산 과정을 거쳐 결과를 산출하였으며, 산출된 성능을 기반으로 한반도 전역에 대한 촬영 시뮬레이션을 수행하고 기상정보를 활용하여 산출된 월간 기상정보(구름양)를 반영하여, 한반도 전역에 대한 촬영 가능성을 통해 국토관측위성의 운영방안을 수립하였다.

수집시스템 7종, 활용시스템 10종으로 구성된 위성영상시스템은 '20년 8월말에 완료되었으나 본 연구의 사업기간과 어긋남에 따라 연구 진행 시점에서 구축되어있는 시스템에 대한 분석, 향후 시험운영 시 고려해야할 인터페이스 항목, 시험운영 절차 등을 제안하였다.

Ⅰ 요약 Ⅰ

국토영상플랫폼의 기반을 이룰 다중센서 영상 모자이크를 구현하기 위해서 시험지역을 선정하고 항공정사영상, 위성영상, 드론 정사영상 등을 융합하여 多시기, 다중 센서에 의해 구축된 영상의 모자이크 방법, 절차, 고려사항, 문제점을 도출하고 모자이크된 영상에 대한 품질을 평가하였다.

국토위성정보에 대한 수집·생산·관리·배포를 위해서는 현재 국토위성센터에 구축될 위성 정보 수집·활용 시스템에 대한 이해와 이를 통한 위성정보 생산 및 배포과정을 고려한 위성 정보 생산, 관리, 배포를 위한 위성정보 시스템 중심의 업무 절차를 수립이 필요하다. 국토관측위성이 발사되어 위성정보에 대한 다양한 요청에 대응하기 위한 위성정보 취득, 생산, 관리, 배포를 위한 업무 프로세스를 기반으로 국토위성센터의 운영 인원과 조직(안)을 제시하였다.

제1장 연구 개요	3
1. 연구 배경 및 목적	3
가. 연구 배경	3
나. 연구 목적	4
2. 연구 내용	5
3. 연구 방법	6
제2장 국내외 위성센터 현황 분석	9
1. 국내외 위성센터 현황 분석	9
가. 해외 위성센터 현황	9
나. 국내 위성센터 현황	19
다. 국내외 위성센터 시사점	26
2. 국내 위성센터 분석	31
가. 국가기상위성센터	31
나. 해양위성센터	36
다. 시사점	40
제3장 국토관측위성 운영 방안	45
1. 국토위성센터 운영계획(안) 수립	45
가. 지상관측용 인공위성 운영 방식	45
나. 한반도 촬영 운영 시뮬레이션 고려 요소	57
다. 운영 시뮬레이션 도출	86
2. 국토영상정보 통합플랫폼을 위한 다중영상 모자이크 시험제작	122
가. 다중영상 모자이크 시험의 필요성	122
나. 시범제작 지역 선정 및 활용 데이터	123
다. 제작 방법	128
라. 시범제작 결과 및 분석	132

Ⅰ 목차 Ⅰ

제4장 위성영상시스템 운영 지원	139
1. 위성영상시스템 운영 모니터링 지원	139
가. 위성영상시스템 현황 분석	139
나. 위성영상시스템 시험 방안	150
다. 노후장비 보수, 교체 및 단계별 시스템 최신화 계획	172
2. 위성영상시스템 산출물 검증 방안	188
가. 위성영상시스템 산출물 현황	188
나. 위성영상시스템 산출물 검증 방안	189
제5장 국토위성센터 운영 방안	224
1. 국토위성센터 운영을 위한 업무 분석	224
가. 국토위성센터 설립 배경 및 현황 분석	224
나. 국토위성센터 업무 분석	225
2. 국토위성센터 운영 방안	242
가. 국토관측위성 촬영시뮬레이션 결과분석에 따른 위성센터 운영 방안 ...	242
나. 국토관측위성 발사 후 IOT기간을 대비한 운영방안	253
다. 국토위성센터 운영규정(안)	259
참고문헌	260
부록	262

<표 2-1> NASA 자료센터(DAAC) 현황	11
<표 2-2> 국가기상위성센터의 주요 업무	22
<표 2-3> 국가해양위성센터의 주요 업무	26
<표 2-4> 고해상도 위성영상 활용시장의 공공 수요	28
<표 2-5> 국내외 위성센터 비교	29
<표 2-6> 국내 위성센터 비교	30
<표 2-7> 국가기상위성센터의 천리안 2A 위성 개발 내역	32
<표 2-8> 해양위성센터 해외위성 운영 내역	39
<표 3-1> 국토관측위성 규격	50
<표 3-2> 국토관측위성 궤도에서 최대 용량 계산	53
<표 3-3> 국토관측위성 시뮬레이션에 필요한 리소스 분석 결과	56
<표 3-4> 남·북한 ASOS 현황	59
<표 3-5> ASOS 운량 지수와 기상위성영상 간 비교(서울)	66
<표 3-6> 월평균 운량 지수	69
<표 3-7> 한반도 월별 운량 지수 지도	74
<표 3-8> 2021년 전체 국토관측위성 궤도별 촬영시간	91
<표 3-9> 2022년 1월 국토관측위성 1, 2호 궤도별 촬영 시간	97
<표 3-10> 1월 ~ 6월 촬영면적 대비 비율(%)	108
<표 3-11> 7월 ~ 12월 촬영면적 대비 비율(%)	108
<표 3-12> 국토관측위성 1호를 활용한 지역별 영상획득 기간	114
<표 3-13> 지역별 1년 촬영누적 면적 비율(%)	115
<표 3-14> 위성자세 변동 각도별 소요시간과 이동시간	119
<표 4-1> 위성영상시스템 기능 개요	140
<표 4-2> 수집시스템 외부 연계 요소	145
<표 4-3> 수집시스템 외부 연계 요소	148
<표 4-4> 위성영상시스템 기능 개요	149
<표 4-5> 수집시스템 기능 시험 절차내역	151
<표 4-6> 활용시스템 기능 시험 절차내역	159
<표 4-7> 위성센터 관련 장비의 내용연수(조달청 기준)	175

Ⅰ 표목차 Ⅰ

<표 4-8> 국토관측위성 수집·활용시스템 저장장치 용량과 저장기간	176
<표 4-9> 수신 기간별 표준영상 생성 용량 예측	178
<표 4-10> 수신 기간별 표준영상 생성 용량 예측(국토관측위성 2기운영의 경우)	179
<표 4-11> 2018년도 도입 장비와 하자보증 기간	180
<표 4-12> 네이버 TOAST G를 활용하고 있는 공공서비스	184
<표 4-13> 위성영상시스템 산출물	188
<표 4-14> 위성영상시스템 산출물 목표 성과	188
<표 4-15> 정사영상 실증방안	194
<표 4-16> 토지피복도 분류 체계	199
<표 4-17> 감독분류 Training Site 선정 예시	201
<표 4-18> Error Matrix 정확도 계산 방법 예시	219
<표 5-1> 국토위성센터의 주요 업무	225
<표 5-2> 국토위성센터의 단위 업무 내역	227
<표 5-3> 시스템 유지 관리 업무	237
<표 5-4> 국토위성센터 수행 업무 및 운영 내용	238
<표 5-5> 시스템별 담당 및 소요 인원	241
<표 5-6> 지역별 장기 목표치 설정	248

<그림 2-1> NASA 조직도(2015)	10
<그림 2-2> 데이터분산센터(DAACs) 위치	11
<그림 2-3> USGS 조직도(2019)	13
<그림 2-4> Landsat 시리즈 위성의 역사와 운영기관 변천	14
<그림 2-5> 일본의 위성운영 및 활용현황	15
<그림 2-6> 원격탐사기술센터의 업무흐름도	16
<그림 2-7> 중국 위성개발 관련 주요기관	18
<그림 2-8> 국가위성정보활용지원센터의 기능구성도	20
<그림 2-9> 국가위성정보활용지원센터의 조직도	20
<그림 2-10> 국가기상위성센터의 조직도	22
<그림 2-11> 해양위성센터 조직도	23
<그림 2-12> 환경위성센터 조직도	24
<그림 2-13> 국가해양위성센터 조직도(안)	25
<그림 2-14> DigitalGlobe사의 고해상도 위성영상 매출현황(2013)	27
<그림 2-15> IOT 기간 위성검증 절차	33
<그림 2-16> 천리안 2A 위성 지상국 통합시험 시스템 구성도	33
<그림 2-17> 천리안 2A 위성 산출물	34
<그림 2-18> 기상위성 영상분석 예시	35
<그림 2-19> 천리안 해양탐재체 촬영 범위	38
<그림 2-20> 천리안 위성 검보정 활동	40
<그림 3-1> 인공위성의 CMG	46
<그림 3-2> CMG 성능에 따른 위성촬영 능력의 예	46
<그림 3-3> 위성영상 촬영 방식의 예	49
<그림 3-4> 국토관측위성의 시야각의 예시 ($\pm 30^\circ$ 기준)	55
<그림 3-5> 기상자료개방포털에서 ASOS의 평균 전우량 검색 예	58
<그림 3-6> 한반도 ASOS 위치	63
<그림 3-7> 한반도 ASOS 지점을 기준으로 작성된 티센망	64
<그림 3-8> 북한 선봉지역 2015년 1월 1일부터 평균 전운량 데이터의 예	65
<그림 3-9> 국토위성 1호기의 2021년 1월 1일부터 1월 31일까지 전체 궤도	86

Ⅰ 그림목차 Ⅰ

<그림 3-10> 국토관측위성 한반도 궤도와 궤도에서의 촬영범위	88
<그림 3-11> 2021년 1월 촬영궤도와 촬영 일수	89
<그림 3-12> 각 궤도별 국토관측위성 촬영시간 시뮬레이션	90
<그림 3-13> 한반도 Ground Track	98
<그림 3-14> 월별 국토관측위성 궤도에 따른 촬영 가능 Ground Track	100
<그림 3-15> 기상여건을 고려하지 않을 때 촬영 가능 Ground Track	101
<그림 3-16> 국토위성 1도 자세 변화에 따른 이동거리의 예	120
<그림 2-17> 촬영 시뮬레이션의 예	121
<그림 3-18> 시범제작지역 현황(강원도 삼척시 일원)	124
<그림 3-19> 대상지역 KOMPSAT-3A 영상현황	125
<그림 3-20> 대상지역 정사영상 현황	126
<그림 3-21> 대상지역의 드론 영상	127
<그림 3-22> 다중 모자이크 영상 제작 순서	128
<그림 3-23> Pan-Sharpen 결과	129
<그림 3-24> KOMPSAT-3A 정사영상 제작을 위한 모듈 선택(ERDAS 기준)	130
<그림 3-25> 다중모자이크 결과(위성영상 + 항공사진)	132
<그림 2-26> 다중모자이크 결과(위성영상 + 항공사진 + 드론영상)	133
<그림 2-27> 다중모자이크 결과(항공사진 + 드론영상(색상보정))	133
<그림 3-28> 위성영상 정사영상과 항공사진 정사영상간 인접 비교	134
<그림 3-29> 정사영상과 드론 영상간 인접 비교	135
<그림 3-30> 2km × 2km 격자와 중첩의 예시	136
<그림 4-1> 수집시스템 구성요소별 주요기능	143
<그림 4-2> 활용시스템 구성요소별 주요기능	146
<그림 4-3> 신규촬영계획 수립 및 위성영상 배포 시험절차	165
<그림 4-4> 기존 제품 및 위성영상 재처리 요청 시험 절차	171
<그림 4-5> 사용 기간에 따른 메모리 모듈 발생율의 예시	173
<그림 4-6> 가비아 g-클라우드를 활용하고 있는 공공서비스	183
<그림 4-7> 네이버 클라우드 서비스 구성도	183
<그림 4-8> KT G-클라우드 서비스 구성도	185

<그림 4-9> KT G-클라우드를 활용하고 있는 공공서비스	185
<그림 4-10> 클라우드 서비스 영역의 예	186
<그림 4-11> 간접·직접 검증 절차	190
<그림 4-12> 원시영상과 정사영상 비교	191
<그림 4-13> 기복변위	191
<그림 4-14> 색상보정	193
<그림 4-15> 영상지도제작에 관한 작업 규정	195
<그림 4-16> AutoCAD Map에서 로딩된 데이터 모습	195
<그림 4-17> 영상의 선점과 검사점 표기	196
<그림 4-18> 검사점 및 정사영상 선점의 좌표를 SHP파일로 내보내기	197
<그림 4-19> 지상기준점 배치 및 보정	200
<그림 4-20> 객체기반 분류 결과 예시	202
<그림 4-21> 토지이용 및 공간객체 추출성과 검증 절차	203
<그림 4-22> Arcgis에서 SHP파일 로딩 예시	204
<그림 4-23> Arcgis Dissolve 작업창	205
<그림 4-24> 객체의 면적 산출 방안	206
<그림 4-25> 두 데이터간의 중첩지역 추출	207
<그림 4-26> SHP 파일 간의 속성연결	207
<그림 4-27> 에피폴라 기하변환식 구정	209
<그림 4-28> DSM/DTM 검증 절차	211
<그림 4-29> DTM과 건물 로딩화면	212
<그림 4-30> 건물 노드를 점형 데이터로 변환을 위한 옵션창	213
<그림 4-31> 건물 노드를 Point로 변환한 모습	213
<그림 4-32> 점형시설의 높이값 입력	214
<그림 4-33> 3D Analysis Tool 활성화	215
<그림 4-34> DSM/DTM 높이값 추출	215
<그림 4-35> 분광변화벡터분석의 벡터 크기 산정 방안	217
<그림 4-36> 변화탐지 기술 적용 S/W의 공정 흐름도	218
<그림 4-37> Error Matrix 구성 예시	219

Ⅰ 그림목차 Ⅰ

<그림 5-1> 국토위성센터 조직도	224
<그림 5-2> 국토위성센터 시스템 개요	225
<그림 5-3> 국토위성센터 시스템 개요 및 업무 흐름도	227
<그림 5-4> 촬영계획 수립 절차	228
<그림 5-5> 정밀영상 생성 흐름도	232
<그림 5-6> 국토관측위성정보 보안처리 프로세스	233
<그림 5-7> 활용 분석 기술 개발 내역	234
<그림 5-8> GCP Chip 유지관리 방안	236
<그림 5-9> 2년 주기의 항공사진 촬영 권역	244
<그림 5-10> Simulated scene의 개념	245
<그림 5-11> 항공사진 촬영 권역 Simulated scene	246
<그림 5-12> 접경지역 현황	247
<그림 5-13> 접경지역 Simulated scene	247
<그림 5-14> 실시간 천리안2A 가시영상의 예	251
<그림 5-15> 기상위성 OPEN API와 Shape 파일 중첩의 예	252
<그림 5-16> 국토관측위성 1기 운영 시 한반도 촬영 시뮬레이션 결과	254
<그림 5-17> 항공사진 캘리브레이션 검정장 및 분석도형 예시	258

국가기본도 서비스 혁신을 위한 국토위성센터 운영 및 중장기 발전전략 수립 연구

제1장

연구 개요

1. 연구 배경 및 목적
2. 연구 내용
3. 연구 방법

1. 연구 배경 및 목적

가. 연구 배경

- 국토교통부와 과학기술정보통신부는 위성정보 공공수요 대응 및 위성부품 국내개발 등을 통한 관련 산업 발전을 위해 차세대중형위성(이하 국토관측위성) 개발 공동 추진
 - 「제2차위성정보활용종합계획」을 수립하여 기존의 영상 판매·가공 중심의 산업 구조에서 분석 중심의 고부가가치 산업으로 도약하기 위한 계획 수립
 - 위성정보를 이용하여 국토·도시 관리, 재해·재난 대응, 공간정보 구축·갱신 등 다양한 수요에 대응할 수 있는 활용 중심의 운영 정책 필요
 - 국토교통부는 주 활용부처로 탑재체 개발을 담당하고, 과학기술정보통신부는 주관기관으로 시스템 및 본체 개발 담당
- 국토지리정보 분야에서 국토관측위성으로 생산한 위성정보의 활용 확산을 위해 위성정보의 수신에서 처리, 관리 및 서비스 등 전 과정의 업무를 수행하기 위한 국토위성센터 설립
 - '16년 국토지리정보원은 국토관측위성 영상정보의 활용 활성화 기반 구축·운영기관으로 지정
 - '19년 11월 개소한 국토위성센터는 한반도는 물론 전 세계 국토의 영상정보를 생산하여 사용자가 보다 쉽고 빠르게 활용할 수 있도록 고품질의 공간정보로 가공하여 제공하는 역할 수행
 - 국토위성센터가 생산하는 공간정보는 국토의 체계적인 이용과 관리, 한반도 국토통합개발을 위한 정보통합시스템 구축 등 다양한 분야에 활용 가능
- 공공과 민간에서 요구하는 신속한 데이터 생산·갱신 제공과 다양한 고부가 공간정보 융복합 서비스에 대응하기 위하여 국토위성센터의 조기 안정화 및 중장기 발전 전략 수립 필요
 - 국내 최초 공공수요 전용 위성의 안정적 활용체계 구축을 위해 시스템 개발 및 인력확보와 같은 기반 구축과 함께 위성정보의 효과적 활용을 위한 운영 및 서비스, 거버넌스 등 관련 정책 수립 필요
 - 위성관련 다양한 유관기관의 증가 및 위성정보통합활용센터의 출범 등으로 국토위성센터의 독자적 기능·임무 창출 등을 위한 발전방안의 선제적 수립 필요

- 국토관측위성 1·2호기 운영 기간과 연계한 고려한 차기 국토관측위성 기획 준비 필요

□ 국토관측위성 영상정보 활용 활성화를 위하여 수요자 중심의 맞춤형 영상정보 제공하고, 이를 실현하기 위한 서비스 체계 구축 전략 수립 필요

- 공공 및 민간 분야의 영상 및 공간정보 수요자를 대상으로 국토관측위성정보를 어떤 형태로 가공하고, 어느 수준으로 처리하여, 어떻게 제공할 것인가에 대한 수요조사에 기초한 서비스 전략 수립 필요
- 현재 공간정보 배포 및 유통 체계와 연계하여 신속하고 효율적으로 국토관측위성정보의 활용 확산을 달성하기 위한 서비스 체계 구축 전략 수립 필요

□ 국토위성센터의 안정적이고 지속가능한 운영기반 확보를 위하여 국토위성센터의 운영, 사업추진 및 기본계획 등의 수립 근거 마련하고, 고유 역할을 강화하기 위한 교육·홍보·협력 계획 필요

- 국토관측위성정보 및 국내외 위성정보를 활용한 지속적이고 체계적인 업무를 수행하기 위한 기본계획을 수립하고, 이와 함께 수행업무의 법제화에 필요한 근거 마련 필요
- 국토위성센터의 조기 안정화를 위한 역량 강화에 필요한 교육계획 및 위성영상 활용 생태계에서 국토위성센터의 역할을 강조하고 외연을 확장하기 위한 홍보계획 필요

나. 연구 목적

□ 국토위성센터 조기 안정화 및 지속적인 발전을 위한 중장기 센터 발전 계획 수립을 위하여 다음과 같은 세부 방안 연구

- 국토관측위성 운영을 위한 국토위성센터 운영 방안
- 위성영상시스템 운영 및 안정화 지원 방안

2. 연구 내용

□ 국토관측위성 운용을 위한 국토위성센터 운영 방안

- 국내 유사기관 운영현황 및 운영계획규정 분석
- 국토관측위성의 방문주기, 관측영역, 운영모드 등을 고려한 운영 방안
- 국토관측위성 활용을 위한 국토위성센터 운영방안

□ 위성영상시스템 운영 및 안정화 지원 방안

- 위성영상시스템 시범운행을 위한 시험절차 검토
- 위성영상시스템 산출물 평가방안
- 국토관측위성정보를 활용한 이중센서 및 다중 촬영시기 영상 융합 시범제작
- 위성영상시스템운행을 위한 조작권력 분석

3. 연구 방법

□ 국내외 위성센터 운영 현황 분석

- 현 위성운명을 수행하는 위성센터의 운영현황 및 운영계획 등을 분석

□ 국토관측위성 운영을 위한 국토위성센터 운영 방안

- 지상관측용 인공위성을 통한 국토관측위성 특성 및 성능 예측
- 한반도 기상 시뮬레이션을 통한 국토관측위성 촬영 영역 분석
- 국토관측위성 촬영운영 시뮬레이션 도출
- 국토관측위성 운영 계획(안)
- 다중영상 모자이크 시범제작

□ 위성영상시스템 운영 및 안정화 지원

- 위성영상시스템의 현황 분석
- 위성영상시스템의 운영을 위한 시험 방안 분석
- 위성영상시스템의 산출물 분석 및 평가 방안 분석
- 시스템 유지보수를 위한 개선 방안 분석
- 국토관측위성 활용을 위한 국토위성센터 운영방안

□ 국토위성센터 운영방안

- 국토위성센터의 위성 활용 업무 분석
- 국토위성센터 운영 방안 분석

제2장

국내외 위성센터 현황 및 분석

1. 국내외 위성센터 개요
2. 국내 위성센터 현황 분석

1. 국내외 위성센터 현황 분석

- 국내외 위성센터에 대한 조직, 역할, 기능, 인력·예산 등에 대한 일반적인 현황 조사는 선행 연구와 타 기관의 위성센터 구축 연구 등을 검토
 - 국토관측위성을 운영을 위한 위성센터 운영 방안을 수립하고 국토위성센터의 역할 모델을 모색
- 위성센터의 역할 모델을 제시하기 위해서 국내외 위성센터의 특성을 분석하고, 해외 위성센터들의 역할, 협업체계, 전담업무 등을 분석하여 국토위성센터의 향후 운영 모델 모색

가. 해외 위성센터 현황

1) 미국 위성센터 현황

- 미국은 다양한 분야에서 위성정보가 전문적으로 활용되도록 분야별 위성센터가 독립적으로 설립되어 서로 협력관계를 유지
 - 우주개발 및 위성발사는 NASA에서 주도하고, 위성정보 활용은 분야별 전문기관 및 대학과 협력하여 추진
 - 미래의 지속적인 위성정보 활용 수요 창출을 위해 산·학·관이 협력·연계하여 각 분야에 맞는 전문성 있는 활용 센터를 운영
 - USGS에서는 중저해상도의 위성자료를 무료로 전 세계에 개방하여 다양한 분야의 활용을 유도
 - 고해상도 위성영상은 민간분야 영역으로 두어 위성영상 시장의 활성화

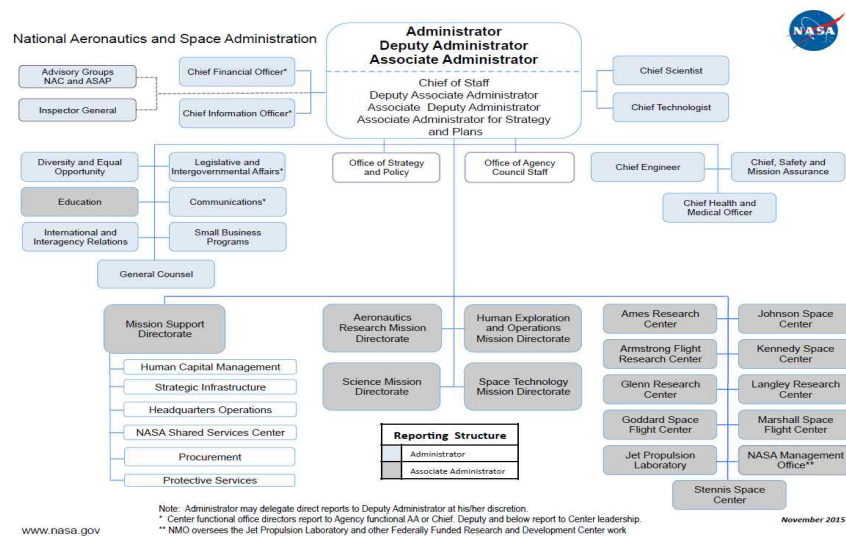
가) 미항공우주국[NASA]

- 개요¹⁾
 - 1958년 설립된 NASA는 1965년 지구자원조사 프로그램을 수립하면서 위성체 및 발사체에 대한 프로젝트에서 탈피하여 위성정보를 활용하는 지구원격탐사가 시작
 - NASA는 항공우주 활용 기획, 수행, 항공우주 비행체를 이용한 과학적 측정과 관측 실시 및 준비, 정보, 홍보 활동 등을 수행

1) NASA. www.nasa.gov/ (access November 30, 2019)

- NASA는 지구관측 프로그램의 효율적인 운영, 관리를 위해 1990년대 NASA 하위에 지구관측 정보시스템(Earth Observing System Data and Information System, EOSDIS)을 설립하여 방대한 위성정보의 효율적 활용을 위해 Earth Science Enterprise 사업 시작

<그림 2-1> NASA 조직도(2015)



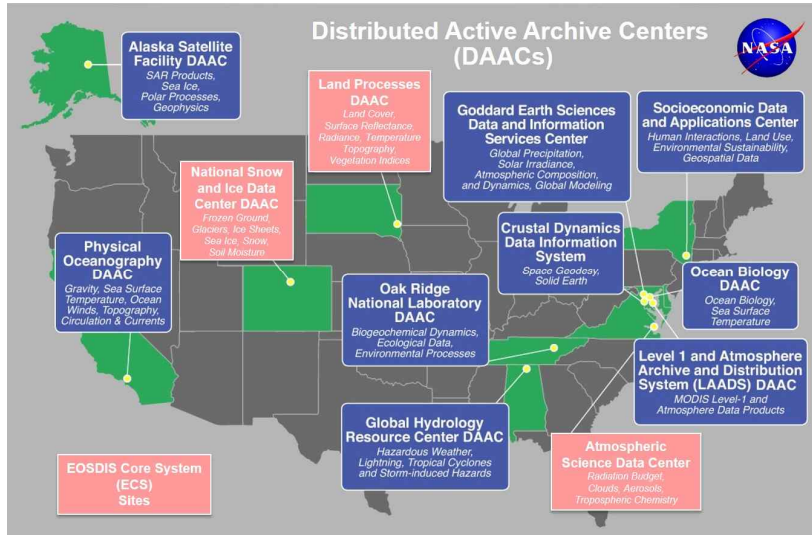
출처 : NASA

□ EOSDIS 데이터 센터²⁾

- NASA의 지구과학 데이터 시스템의 핵심 기능으로 지구관측임무를 위해 지구관측위성에서 데이터를 수집, 처리, 보관 및 배포
- 위성, 항공기, 현장 측정 등 다양한 소스에서 NASA의 지구과학 데이터를 관리할 수 있는 기능을 제공
- 미국 전역에 데이터 분산센터 (Distributed Active Archive Centers, DAAC)를 두고 전문분야별로 위성정보를 관리
- DAAC는 12개(대학3개, 국가연구기관 3개, NASA 산하 5개)가 있고, 특화된 전문위성 활용분야 보유

2) NASA Goddard Space Flight Center, www.nasa.gov/centers/goddard/home/#.VPzw6fmsUYM (access December 30, 2019)

<그림 2-2> 데이터분산센터(DAACs) 위치



출처 : NASA

- 이 중 ORNL DAAC(Oak Ridge National Laboratory DAAC), LP DAAC(Land Processes DAAC)에서는 산림 및 육상생태계 분야 활용에 대한 자료를 구축
- LP(Land Processes) DAAC : 육상 데이터 프로세스를 처리하는 센터로 글로벌 웹지원 Landsat 데이터, NASA 수치표고모델(NASA DEM), SRTM(Shuttle Radar Topography Mission) 등을 구축하고 제공³⁾

<표 2-1> NASA 자료센터(DAAC) 현황

센터명	위치	제공 자료
ASF(Alaska Satellite Facility) DAAC	알래스카주 페어뱅크 알래스카 대학	SAR(Synthetic Aperture Radar) 자료(NASA가 사전 승인한 연구자에게만 배포)
PO(Physical Oceanography) DAAC	캘리포니아주 패서디나 NASA/JPL	중력, 해수면, 온도, 해상풍, 해류, 해저 지형 등의 자료
NSIDC(national Snow and Ice Data Center) DAAC	콜로라도주 보울더	적설량, 빙하, 해빙, 극지방에 관한 데이터
GHRC(Global Hydrology Resource Center DAAC	앨라배마주 헨츠빌	수자원자료(강수량 포함), 번개, 대류, 악기상 등
ORNL(Oak Ridge National Laboratory) DAAC	테네시주 오크리지	지구화학역학, 생태학, 환경처리 등
LP(Land Processes) DAAC	사우스다코타주 수폴스	표면 반사율, 토지 피복, DEM 등

3) The University of Melbourne, Centre for Spatial Data Infrastructures & LandAdministration, www.csdila.unimelb.edu.au/ (access December 30, 2019)
University of Maryland, Global Land Cover Facility, glcf.umd.edu/ (access December 30, 2019)

센터명	위치	제공 자료
LARC ASDC(Langley Research Center Atmospheric Science Data Center)	버지니아주 햄프턴	에어로졸, 구름, 지구복사량, 대기화학 등
CDDIS(Crustal Dynamic Data Information System)	메릴랜드주 그린벨트	Solid Earth, 우주측지 데이터 등
GES DISC(Goddard Earth Science Data and Information Services Center)	메릴랜드주 그린벨트	전 세계 강수량, 태양복사량, 대기 조성/역학, 전 지구 모델링 데이터 등
MODAPS LAADS(MODIS Adaptive Processing System Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System)	메릴랜드주 그린벨트	MODIS Level 1 데이터 등
OB(Ocean Biology) DAAC	메릴랜드주 그린벨트	전 세계 해양 플랑크톤 데이터 등
SEDAC(Socioeconomic Data and Applications Data Center)	뉴욕주 펠리사데	환경의 지속성, 지구환경과 인간과의 상호작용, 토지이용 등에 관한 데이터 등

자료: NASA

나) 미국 지질조사국[USGS]

□ 개요⁴⁾

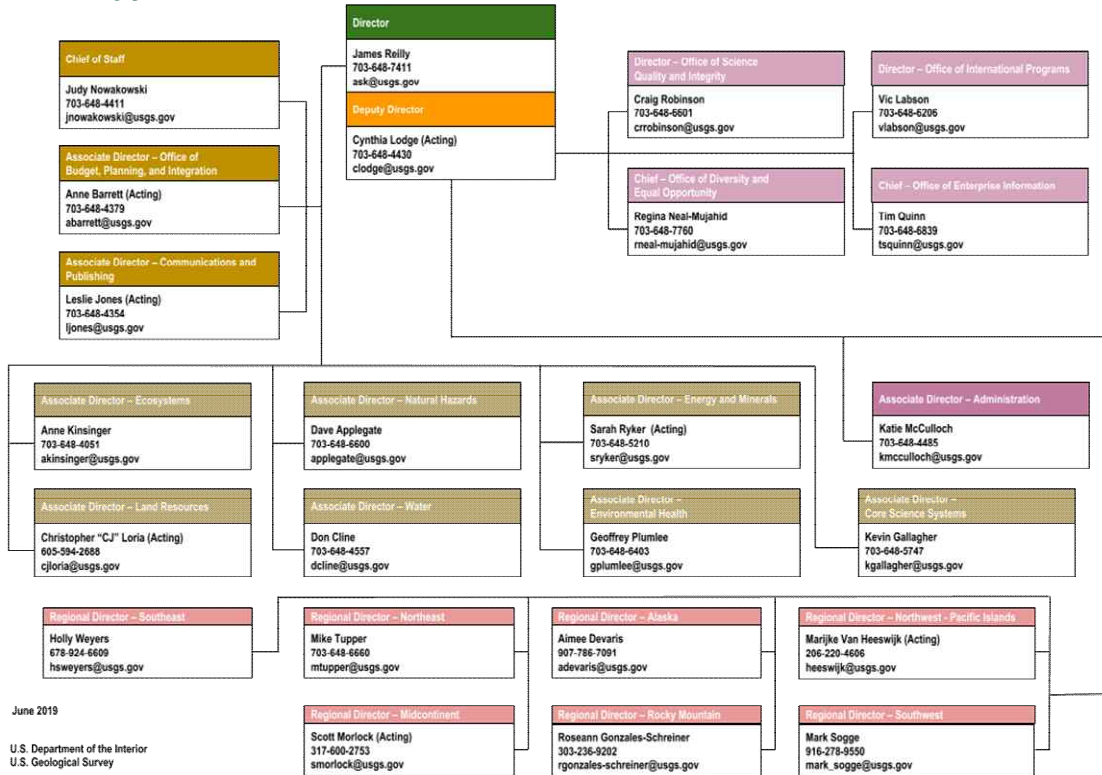
- 1879년 내무부 산하의 연구기관으로 설립되어 국토의 천연자원 및 자연재해 관측과 지형도 및 지질도 제작을 전문으로 하고 있으며 '66년 지구관측 프로그램과 함께 위성을 적극적으로 활용
- 위성·항공 영상 등의 공간정보 자료를 자체적으로 처리, 판독, 활용, 보관하며 활용기술을 개발하기 위해 지구자원관측시스템(Earth Resource Observation System, EROS)을 두고 NASA와 협력
- 지표면의 특성 및 변화에 관하여 지속해서 모니터링하고 축적되는 자료를 보관하고 있으며 주로 기후변화와 지표변화(Climate and Land Use Change)를 조사
- 지진·가뭄·화재·화산 등의 자연재해, 지구의 지질구조 및 특성에 관한 연구, 생태계 및 지구환경 관련 연구, 수자원·광물자원·에너지 등에 관한 천연자원연구 건강·질병·오염 등에 관한 환경문제 등에 관한 업무를 수행
- 토지피복변화에 관한 모니터링 및 데이터 배포는 National Land Imaging Program(NLI) 프로그램을 운영하여 수행하고 있으며, NLI 프로그램을 통해 위성 및 항공정보를 획득·처리·분석·배포 작업을 수행

4) USGS. www.usgs.gov/ (access February 11, 2019)

USGS EarthExplore, earthexplorer.usgs.gov/ (access February 22, 2019)

USGS EROS, remotesensing.usgs.gov/gallery (access February 24, 2019)

<그림 2-3> USGS 조직도(2019)

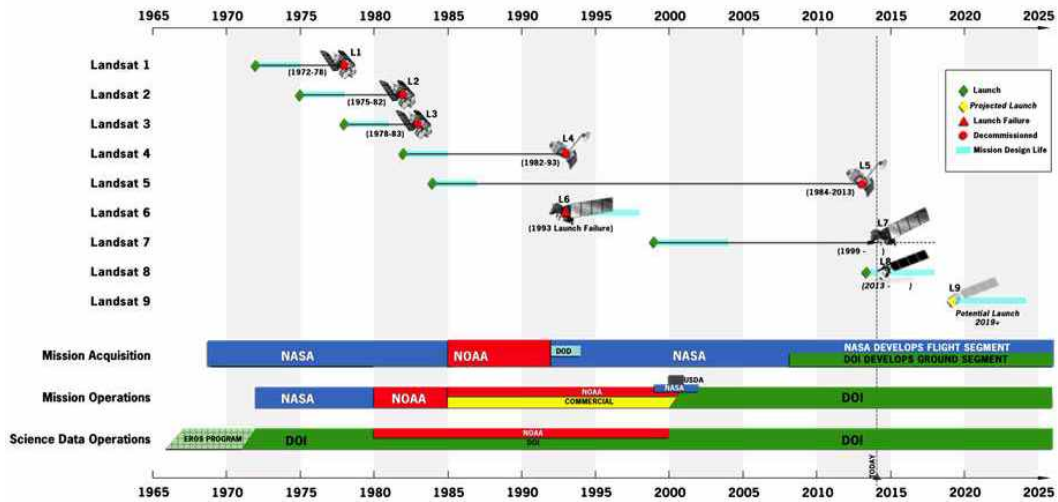


출처 : USGS

□ '66년 지구관측 프로그램과 함께 위성을 적극적으로 활용하고 있으며, USGS의 주요 미션인 기후변화와 지표변화(Climatic and Land Use Change)를 조사하기 위해 Land Remote Sensing(LRS) 프로그램을 운영

- 기후변화와 지표변화 분야 외에도 생태계 이산화탄소 순환, 재해재난, 수자원 등에 관한 업무를 수행하고 있음
- 지표면의 특성 및 변화에 관하여 지속적으로 모니터링하고 축적되는 자료를 보관하는 것이 핵심 목표임
- 이를 위해 '72년 Landsat 1호기를 시작으로 '14년 2월 8호기까지 지속적으로 위성 발사 중 (Landsat 후속 위성 개발을 법으로 정해놓음)

<그림 2-4> Landsat 시리즈 위성의 역사와 운영기관 변천



출처 : USGS 해외 협력 프로그램장 Thomas Cecere의 발표자료

□ Landsat 운영 개요

- USGS는 Landsat 위성을 운용하고 수신된 자료를 수신·처리하여 전 세계에 무료로 공개하고 있으며, '72년 Landsat 1호기를 시작으로 현재까지 장기간 지표 모니터링을 수행하는 Landsat 위성 개발 초기에는 USGS, NASA, NOAA가 함께 미션을 수행
- 현재는 USGS가 위성계획, 운영, 자료획득, 처리 등을 단독으로 운영하고 Landsat의 우주발사체에 대해서는 NASA가 담당
- Landsat은 저해상도의 NASA MODIS 위성과 민간 위주의 고해상도 위성의 중간 해상도를 가지고 50여년에 걸친 장기간의 위성자료가 시계열로 존재하기 때문에 더욱 다양한 활용 수요가 존재
- '85~'00년에 Landsat 위성자료의 유료 판매를 시도했으나 30m 해상도에 대한 상업적 수요가 거의 없어서 무료로 전환하였고 그 뒤에 전 세계적으로 다양한 분야에서 위성정보의 활용이 촉진에 큰 영향
- USGS는 다른 위성영상과 함께 부분적으로 해상도 30m의 Landsat 위성정보를 지도제작에 쓰고 있으며, DEM 제작에 LiDar 위성과 Landsat을 융합해 활용

□ Landsat 향후 전망

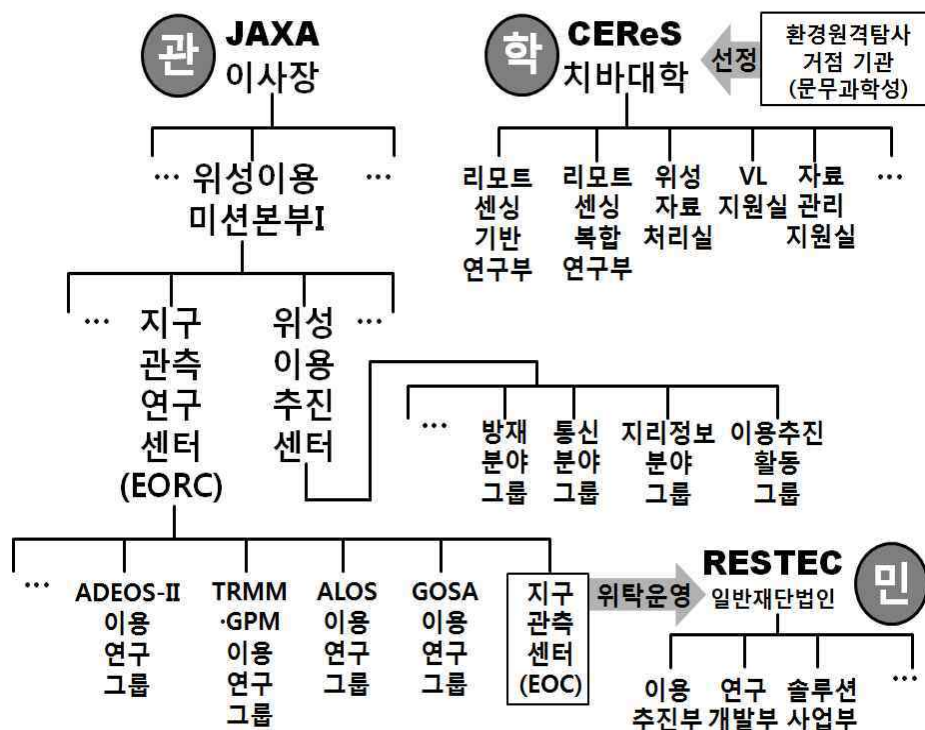
- USGS는 향후 Landsat의 활용분야를 넓히며 기술개발에 지속적인 투자를 계획 중으로 NASA와 상의해서 지속적인 Landsat 위성 시리즈가 발사되도록 하고자 하며, Landsat 영상에서 구름을 제거하여 지면을 탐지하는 기술을 개발하고 Landsat 위성정보가 다양한 공공분야에 활용되기를 희망

2) 일본 위성센터 현황

□ 일본에서 위성정보를 처리하고 활용하는 주요기관으로는 ①원격탐사기술센터 (RESTEC, Remote Sensing Technology Center of Japan), ②JAXA 위성이용추진센터(SAPC, Satellite Applications and Promotion Center), ③국립지바대학교 환경원격탐사기술센터 (CEReS, Center for Environmental Remote Sensing)

- 위성정보 활용을 위한 산·학·관의 역할 및 기능이 명확히 구분되어 있으며, 일반 재단법인 형태의 기관을 두어 민간과 정부가 협력하여 시너지를 창출할 수 있도록 유도
- 많은 자본이 필요하며 실패 위험성이 높은 부분에 대해서는 정부(JAXA)가 담당, 활용기술 개발 및 활용모델 창출은 민간의 산업계에서 주도, 대학에서는 학술적 연구에 집중
- 정부(JAXA)의 위성이용추진센터(SAPC)는 위성 활용을 위한 비즈니스 모델을 만들고, 민간(원격탐사기술센터(RESTEC))과 지바대학 환경원격탐사기술센터(CEReS)에서 산림분야 활용기술 개발 및 고부가가치 정보 생산하며 재해재난 모니터링, 지도 제작, 피복 변화탐지, 산림자원 감시, 농업생산량 추정 등 다양한 분야에서 위성정보가 활용될 수 있도록 여건을 조성

<그림 2-5> 일본의 위성운영 및 활용현황



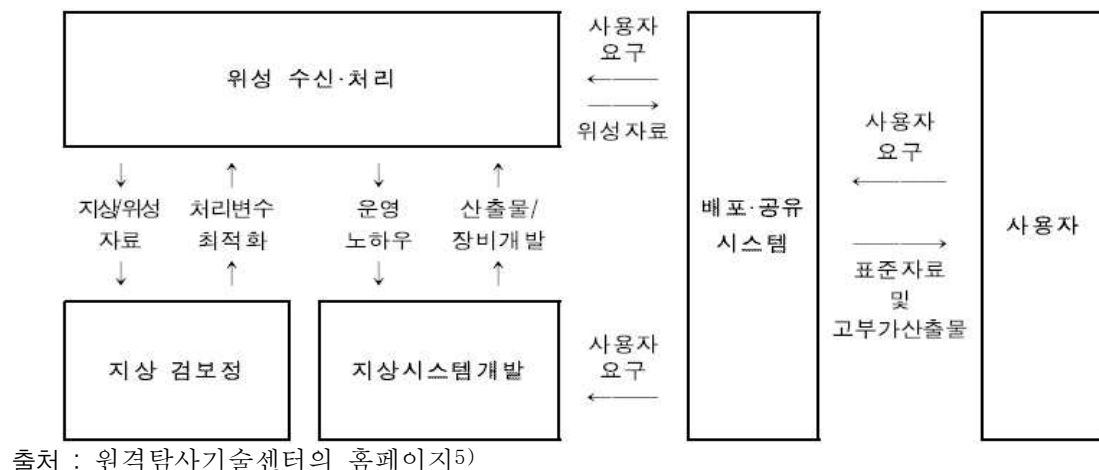
출처 : JAXA

가) 원격탐사기술센터[Remote Sensing Technology Center of Japan, RESTEC]

□ RESTEC 개요

- '75년 발족되어 미국의 Landsat 위성자료 분석을 시작으로 JAXA의 전신인 우주개발사업단의 지구관측센터 운영지원 업무를 수행하였으며, '11년에 위성정보 무료화 추세, 위성정보 활용 서비스 필요성 증대, 빅데이터 처리기술의 발전 등의 외부요인으로 인하여 일반 재단법인으로 변경
- RESTEC는 안테나와 DB 서버를 보유하고 있지 않고 JAXA의 장비를 임대하여 활용하고 있으며, 전용선을 이용하여 JAXA의 위성정보를 받아 활용

<그림 2-6> 원격탐사기술센터의 업무흐름도



- 원격탐사 기술센터는 일반재단으로 전환 뒤 민간사업 활성화를 목적으로 위성정보활용 비즈니스 모델수익 창출사업에 적극적으로 참여하며, 민간의 위성정보활용과 관련하여 JAXA의 위성 이용추진센터와 민간기업 사이의 가교 역할을 수행
- 위성정보 주요 활용 분야는 공간기반정보, 해양, 재해, 산림, 농업이며 그 외에 지도 제작, 사회 인프라, 토지이용변화 등의 사업을 추진하고 있으며 공간기반정보 분야의 경우 사회인프라 위험을 조기에 발견하여 안심안전한 사회에 공헌

나) 환경원격탐사기술센터[Center for Environmental Remote Sensing, CEReS]

□ CEReS 개요

5) 일반재단법인 리모트센싱기술센터(RESTEC). www.restec.or.jp/ (access November 30, 2019)

- 지구환경연구용 위성정보의 무상보급을 통한 학술 부분 위성정보활용 활성화를 위해 설립된 대학 학술연구센터로 원격탐사(Remote Sensing) 분야 학술 진흥을 위해 일본에서 유일하게 위성정보를 지속해서 인터넷을 통해 무료로 제공⁶⁾
- 문부과학성으로부터 연간 약 500만 엔의 지원과 지바대학교 자체 예산을 합쳐 연간 900만 엔의 운영비를 확보하고 있으나 실제 운영을 위해서는 부족
- CEReS에서는 20여 명의 교수와 대학원생, 학생 등으로 구성되어 R&D 과제와 JAXA의 지구환경 학술과제를 수행
- 현재 진행하고 있는 주요 연구프로젝트는 1) 원격탐사기술 및 알고리즘 개발, 2) 공간정보 융합 활용, 3) 위성영상 활용 프로그램 개발임. 중점 연구 분야로는 농업, 재난재해, 대기 환경, 식생 환경이며 식생 환경 분야에서 전지구산림탐사 기술개발에 집중

□ 연구프로젝트별 수행내용

- 원격탐사기술 및 알고리즘 개발: 식생 및 대기 등 다양한 대상의 분석을 위한 알고리즘 및 원격탐사 센서를 개발하고 있으며, MODIS 영상과 분광측정기 데이터를 활용하여 산림바이오매스를 추정하는 연구를 수행하기도 함
- 공간정보 융합 활용: 위성영상과 공간정보자료를 융합하여 대기 및 육상 환경 연구 수행. 위성영상자료 전처리, 대규모 위성영상자료의 효율적 처리방법 연구, 환경 모니터링, 대기 및 육지 환경 매개변수 추출 등
- 위성영상 활용 프로그램 개발: 아시아의 환경 변화 모니터링(농업, 수자원, 생태계 등), MODIS/fPAR와 기상자료를 이용하여 일본지역 삼나무 꽃가루 산란 예측연구를 수행함.

다) JAXA 위성이용추진센터[SPAC]

□ 위성이용추진센터 개요

- '06년 JAXA 내부에 설치된 센터로 JAXA의 '위성의 연구개발과 이용촉진' 사업의 일환으로 제1 위성 이용미션본부가 만들어졌으며, 그 아래 지구관측센터(EOC), 지구관측연구센터(EOCR), 위성이용추진센터(SPAC)가 존재⁷⁾
- 위성정보활용과 관련해 학술연구와 기술개발에 치우쳐 있는 일본의 우주 전략을 탈피하고자 비즈니스 모델을 창출하여 민간의 위성 활용시장을 확대하기 위해 설립

6) 지바대학교 환경리모트센싱연구센터(CEReS), www.cr.chiba-u.jp/english/ (access November 30, 2019)

7) 일반재단법인 위성측위이용추진센터(SPAC), www.eiseisokui.or.jp/en/about/greeting.php (access November 30, 2019)

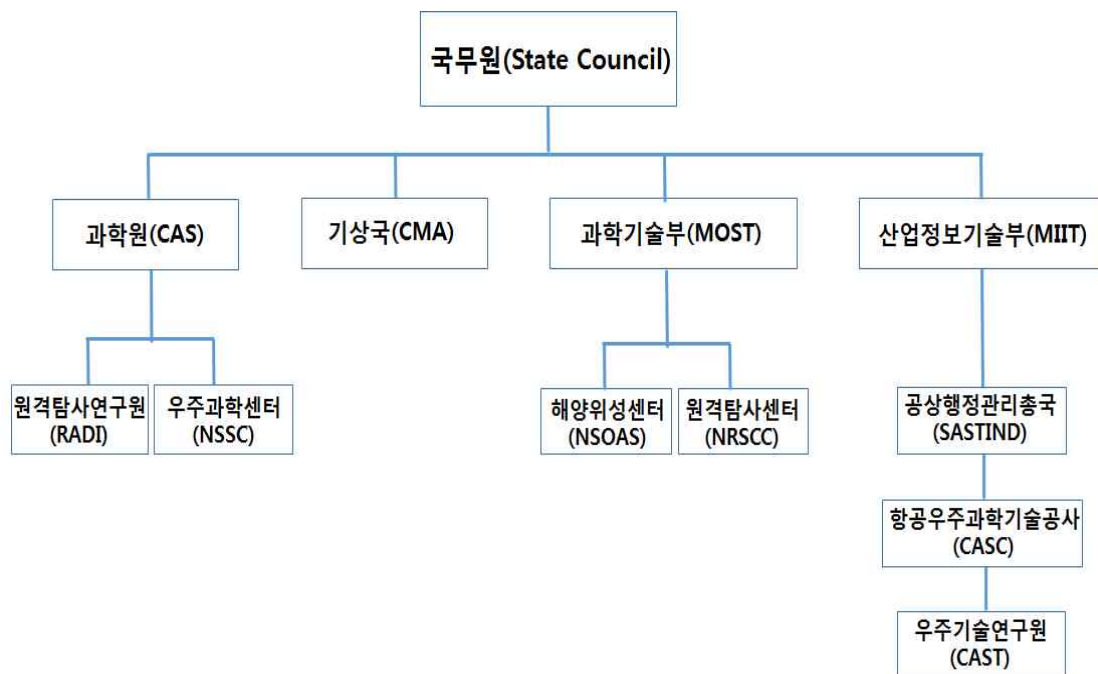
- SPAC는 JAXA가 실질적으로 운영하는 위성 활용기관이지만, 보유하고 있는 위성 관제 및 수신 그리고 자료처리 시설(서버)은 민간에 장기로 빌려준 상태이므로, 주로 연구 및 기술개발보다는 다양한 분야에 있어 위성정보로 문제해결 가능한 솔루션을 찾아내는 것이 주 임무

3) 중국 위성센터 현황

□ 중국 위성센터의 개요

- 1970년 중국 최초의 인공위성 동방호를 창정로켓에 탑재하여 발사한 이래 본격적으로 위성개발에 착수해온 중국은 지구관측위성 개발과 관련된 기관들이 매우 복잡한 구조로 연관되어 있어 역할과 범위의 규정이 어려움⁸⁾
- 일반적으로 알려진 주요기관은 CAS(China Academy of Science; 과학원)와 CMA(China Meteorological Administration; 기상국), MOST(Ministry of Science and Technology; 과학기술부), CASC(China Aerospace Science and Technology Corporation; 우주기술연구원), CAST(China Academy of Space Technology; 우주기술연구원) 등임⁹⁾

<그림 2-7> 중국 위성개발 관련 주요기관



자료: 항공우주연구원

8) 교육과학기술부 (2011), 인도/중국 우주개발동향과 양국 간 협력방안 연구 참조

9) 이준 외 (2017), 2016년 세계 정부 우주개발의 국가별분야별 동향 분석, 항공우주산업기술동향, 15(2) 참조

□ CAS(China Academy of Science)

- CAS 산하의 여러 연구원 중에서 RADl(Institute of Remote Sensing and Digital Earth)와 NSSC(National Space Science Center)에서는 지구관측과 관련된 위성임무를 계획/관리/통합/운영하는 역할을 수행

□ CMA(China Meteorological Administration; 기상국)

- CMA 및 MOST 산하 NSOAS(National Satellite Oceanic Application Center)와 NRSCC(National Remote Sensing Center of China)에서는 개발 위성의 영상 활용에 대한 중심 역할을 수행

□ CASC(China Aerospace Science and Technology Corporation)/CAST(China Academy of Space Technology)

- 약 14만 여명의 직원들과 약 130여개의 관련 기업들로 구성되어 있는 CASC는 지구관측위성의 실제적인 개발을 담당하는 기관으로서, 이종에서 CAST가 대부분의 위성개발에 직접적인 책임을 담당¹⁰⁾

나. 국내 위성센터 현황

1) 국가위성정보 활용지원센터

가) 개요

□ 연혁

- 국가위성정보활용지원센터는 과학기술부(現 과학기술정보통신부)의 「제1차 우주개발진흥기본계획('07)」에 의거 '08년 대전 한국항공우주연구원 내에 위성정보연구소로 설립¹¹⁾
- 「위성정보활용종합계획('14.5)」에 의거 범부처 통합 형태인「국가위성정보활용지원센터」로 조직 개편되었다. 국내 우주산업의 대표 기관으로서 위성운영, 위성 활용, 지상 시스템 개발이 주요 임무
- 주로 KOMPSAT 시리즈의 위성 관제 및 자료 수신 등 위성운영과 관련된 업무를 수행
- (위성운영) 저궤도 및 정지궤도 위성운영, 위성운영 기술연구, 지상국 장비 및 시설 운영 관리

10) 명환춘 (2018), 중국의 지구관측 위성 개발 현황, 항공우주산업기술동향, 16(1)

11) 국토연구원 (2015), 국토관측 위성정보 활용기술 센터 설립 기반 연구 참조

- (위성 활용) 위성자료 활용기반 구축 및 전 지구관측연구, 위성자료 검보정 및 품질향상 연구, 위성자료 처리·배포·관리, 위성자료 상용화 업무 및 국제협력
- (지상 시스템 개발) 저궤도 관제·수신·처리 시스템 개발, 정지궤도 관제·수신·처리시스템 개발

나) 조직구성

□ 센터의 구성도는 <그림 2-8>과 같으며, 위성정보 수신·처리·보급, 위성정보 활용 R&D, 활용지원 기능을 수행

<그림 2-8> 국가위성정보활용지원센터의 기능구성도



자료: 항공우주연구원

- 조직 및 인력은 총 4개 팀으로 이루어져 있으며 2015년 기준 약 80여 명의 정규인원으로 구성되어 있다. 센터의 구성도는 <그림 2-9>와 같음

<그림 2-9> 국가위성정보활용지원센터의 조직도



출처 : 항공우주연구원

다) 주요 업무

□ 국가위성정보활용지원센터의 주요 역할

- 은 국가 위성 관제, 지상시스템 개발, 위성활용으로 다목적 위성, 정지궤도위성 등 국내에서 개발된 위성에 대한 관제를 수행하고 위성 정보의 일관된 품질을 유지하기 위해서 검보정팀을 운영하여 위성정보의 일관된 성과를 제공
- 항공우주연구원의 위성영상 수신 및 처리 과정은 ①촬영계획 수립 및 전달, ②X-band 위성안테나 수신, ③방사보정(Radiometric Correction)에 의한 Level 1R 생산, ④표준기하보정(Orbit & Attitude Correction)에 의한 Level1G 생산으로 구성되어 있으며, 위성 발사 후 6~12개월 마다 검보정(CAL/VAL)을 수행

2) 국가기상위성센터

가) 개요

□ 연혁

- 국가기상위성센터는 기상청과 그 소속기관 직제 [시행 2019.9.24.] [대통령령 제30092호, 2019.9.24., 일부 개정]에 의거하여 2009년 기상청의 소속기관으로 충청북도 진천군에 설립
- 기상청의 기상위성자료 수집, 처리, 분석, 산출물 생산 등의 업무를 전담하는 기관으로 기상위성 자료의 기본영상을 포함하여 안개 탐지, 황사·태풍·산불 감시, 구름 이동 벡터, 해수면 온도, 오존 측량, 식생지수 등 지구환경 문제와 관련된 영상 분석 자료를 배포¹²⁾

나) 조직구성

- 초기 설립 시 조직은 3개 팀으로 구성되었으나 기상청과 그 소속기관 직제 시행규칙 일부 개정령[환경부령 제614호, 2015.10.19.]에 따라 차세대위성개발팀이 신설됨에 따라 3개 과 1개 팀으로 구성
- 정규직원(공무원) 48명과 계약직원(연구직) 34명, 일부 용역직원(유지보수)으로 운영

12) 한국임업진흥원 (2019), 국가산림위성센터 건립운용에 관한 기술 분석 참조

<그림 2-10> 국가기상위성센터의 조직도



출처 : 국가기상위성센터

다) 주요 업무

<표 2-2> 국가기상위성센터의 주요 업무

구분	업무 내용
위성 기획과	<ul style="list-style-type: none"> 기상위성관측 정책과 기본계획의 수립 종합·조정, 국가우주개발중장기계획 수립·지원 기상위성 개발 및 연구계획 수립·조정, 연구위성개발 연구사업의 추진 및 관리 우주기상 예보·특보 및 우주기상연구에 관한 사항 기상위성 국내외 협력에 관한 사항 기상위성 교육과 연구의 지원, 인사사무, 청사 시설물, 국유재산 관리 등
위성 운영과	<ul style="list-style-type: none"> 기상위성 운영기반 구축 및 활용, 지상국 기술도입 및 정책 시행, 지상국 운영계획 수립 및 시행 기상위성 안테나 및 제어시스템 운영, 관측계획 수립 및 관측 스케줄 운영, 외국위성 자료 수신국 구축 및 운영 지상국 현업 운영계획 수립 및 시행, 기상위성자료 국내·외 분배 정책수립 및 시행 등
위성 분석과	<ul style="list-style-type: none"> 기상위성자료 분석에 관한 기본계획의 수립 및 조정 기상위성자료 분석 및 예보지원, 안개, 황사, 산불 등 기상위성분석자료 생산 및 제공 기상위성분석 현업업무 운영 및 관리, 기상위성자료 분석기술 연구 및 개발 기상위성분석자료 기후·환경·방재 분야 활용, 기상위성 산출자료 검증 및 개선, 기상위성 관측자료 활용기술 교육 및 보급 등
차세대 위성 개발팀	<ul style="list-style-type: none"> 후속 정지궤도 및 전지구관측 기상위성의 개발, 자료처리·응용기술 연구 및 개발 주파수 확보계획수립·시행, 지상국 기술개발, 위성궤도 확보 및 활용기술 개발 위성자료 수치예보 지원기술 개발 등의 업무 수행

자료: 국가기상위성센터

3) 해양위성센터

가) 개요

□ 연혁

- '90년대부터의 해양과학기술원 위성수신·처리 노하우를 바탕으로 해양환경 준 실시간 모니터링 하기 위하여 해양과학기술원의 센터를 설립
- 천리안 해양관측위성의 주관 운영기관으로서 「천리안 해양관측위성 운영 및 자료배포규정 (시행 2013.5.21.) (해양수산부훈령 제64호, 2013.5.21., 일부 개정)」에 의거 한국해양과학기술원의 내부 조직으로 설립¹³⁾

□ 센터의 목적 및 기능

- 통신해양기상위성의 운용 및 관측자료 처리·분석·활용 소프트웨어 개발업무를 수행
- 2011년 4월 20일부터 해양관측위성(Geostationary Ocean Color Imager: GOCI) 자료배포 서비스를 수행
- 미국이나 유럽 등의 위성 선도국에서 개발한 해색 위성자료를 받아 연구해왔으나 해양위성센터를 건립하여 독자적 연구개발 활용 사업을 진행

나) 조직구성

- KIOST(해양과학기술원) 내 해양물리연구본부 밑에 속하며, 28명의 직원 근무(센터장-1명, 기획-3명, 위성운영-11명, 연구-13명), 2명 자문위원으로 구성

<그림 2-11> 해양위성센터 조직도



자료: 해양위성센터

13) 국립해양조사원 (2019), 국가해양위성센터 설립 기본계획(안). 참조

4) 환경위성센터

가) 개요

□ 설립목적

- 동아시아 지역 대기오염물질과 기후변화 유발물질 배출이동 상시 감시를 위한 정지궤도 환경위성(GEMS)운영 업무를 전담하며 환경 분야 위성 활용 연구의 허브 역할 수행
- 환경위성 운영, 관제, 수신, 처리, 배포를 담당하는 기관으로 2018년 상반기부터 국립환경과학원 내에 설립되어 기반인프라 구축 완료 단계이며 환경위성정보의 활용기술 개발 진행
- 정지궤도복합위성 개발계획(국가우주위원회, '12.5.25.) 및 「정지궤도 복합위성 공동 개발규정」에 따라 환경부가 추진하는 환경위성 탑재체 개발에 앞서 환경위성 운영을 위해 설립¹⁴⁾

나) 조직구성

- 국립환경과학원 내 기후대기연구부 아래에 속하며 1개 센터 총인원 24명으로 구성

<그림 2-12> 환경위성센터 조직도



출처 : 국립환경과학원

5) 국가해양위성센터

가) 개요

□ 설립목적

- '19년 소요인력운영을 위한 기획연구-국가해양위성센터 구축 기본계획에 따라 국립해양조사원 내에 신설

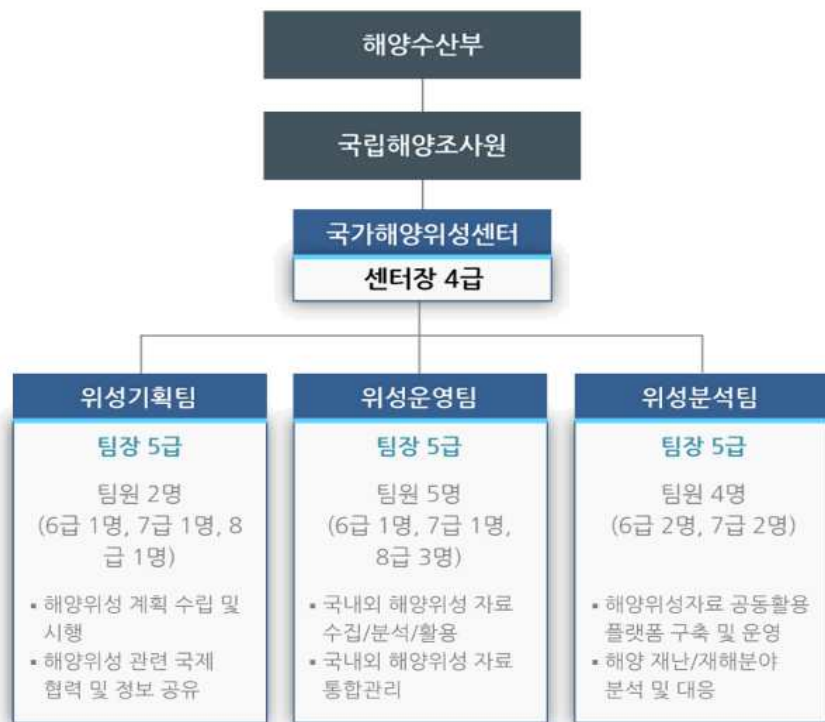
14) 국립환경과학원. (2015). 국가환경위성센터 효율적 관리방안

- ‘20년까지 국가해양위성센터 설계 및 건축을 진행하고 해양위성정보 활용 인프라를 구축하여 ‘24년 국가해양위성센터를 운영할 예정
- 해양관측위성(천리안 1호, 2호)의 안정적 운영과 위성정보 생산·관리·공급이 주요 임무이며 이를 통해 해양의 효율적 관리 및 산업화 활용, 해양관측위성의 관리 및 해양 분야의 위성정보를 제공할 예정

나)조직구성

- 위성기획팀, 위성운영팀, 위성분석팀의 3개 팀, 총 15명의 인원으로 구성되었으며, 팀별 주요 업무는 [표 6-3]과 같음

<그림 2-13> 국가해양위성센터 조직도(안)



출처 : 국가해양위성센터

<표 2-3> 국가해양위성센터의 주요 업무

구분	업무 내용
위성 기획팀	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 해양위성 운영 및 관리 • 국가 해양위성 관련 법령 및 제도 운용 • 차세대 중형 해양관측위성 개발에 관한 사항 • 해양위성 교육계획 수립 및 운영 • 해양관측위성 국제협력 및 국제기구 대응 • 해양관측위성 홍보 및 견학에 관한 사항 • 해양위성센터 시설 관리에 관한 사항 등
위성 운영팀	<ul style="list-style-type: none"> • 위성별 자료 수신·처리·분석, 현장관측/조사 계획 수립 • 지상국 인프라 구축 및 운영 • 해양위성자료 통합처리시스템 운영 및 관리 • 해양위성자료 품질관리 계획 수립 및 운영 등
위성 분석팀	<ul style="list-style-type: none"> • 해양위성정보 활용계획 수립 및 시행 • 해양관측위성 산출물별 알고리즘 개발 및 고도화 • 해양재난·재해 분야 대응반 운영 • 해양위성자료 공동 활용 플랫폼 구축·운영·관리 등

자료: 국가해양위성센터

다. 국내외 위성센터 시사점

□ 해외의 위성센터를 분석하면서 나타난 것 중 하나는 중국을 제외한 미국, 일본 등은 위성 개발 운영과 활용기관의 구분이 명확히 이루어져 있다는 것으로 중국 또한 기술개발과 관련하여 여러 기관이 얹혀있으나 운영과 활용기관에 대한 구분이 존재

- 위성센터의 역할분담은 위성정보 활용 시장의 확대에 따라 위성영상 수요가 증대되고, 수요에 따른 위성 정보의 다양성이 요구되어지기 때문에 하나의 위성센터에서 모든 수요를 대응할 수 없음

□ 위성정보가 활용되는 분야에 대한 전문적인 분석, 자료 처리 등은 활용 위성센터에서 수행하는 것이 효율적임

- Landsat 위성영상의 무료 제공으로 위성영상의 활용이 활성화됨에 따라 국방/안보 외에 환경, 안전, 지도, 산림 등 전반적인 분야에서 위성영상이 활용되어 지고 있으며 이는 위성영상 활용에 대한 전문기관의 발전을 초래
- 이 결과로 해외 위성센터들은 위성개발 및 운영을 담당하는 기관과 각 분야에 적합한 위성정보를 활용하여 사회 여러 분야에 적용하는 기관으로 명확히 구분되어 효율적으로 구성
- 위성영상 정보의 수요는 고해상도 광학위성 개발을 촉진하였고 이결과 IKONOS 상업 위성이

출현하였으며, 이후 공간해상도는 점점 발전하여 현재 0.3m급 해상도의 광학위성들이 운영¹⁵⁾

- 상업위성의 지속적인 발전은 고해상도 위성영상의 수요가 점점 증대되어 가고 있음¹⁶⁾

<그림 2-14> DigitalGlobe사의 고해상도 위성영상 매출현황(2013)



출처 : United States Securities Exchange Annual Report, 2013. Washington D.C.

15) ESA and World Bank. 2013. Earth Observation for Sustainable Development

16) Digital Globe. 2010. Specifications for Customer-provided Support Data.

<표 2-4> 고해상도 위성영상 활용시장의 공공 수요

활용분야	세부내용	비 고
공공안전	<ul style="list-style-type: none"> • 재해·재난: 홍수, 가뭄, 산불, 산사태 등 자연재해 모니터링 • 국방: 감시, 정찰, 타깃 탐지, 지형도 구축, 변화 탐지 등 	
기상·기후변 화 대응	<ul style="list-style-type: none"> • 기상·기후: 대기보정, 기상 모니터링, 대기오염분석 등 • 환경: 환경계획, 환경모델링 및 모니터링, 환경영향평가, 피복분류 등 	
국토보존, 보호 및 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 국토관리 : 도시계획, 불법건축물 관리, 토지이용관리, 국토모니터링, 관광자원관리, 공공업무 지원 등 • 지도제작 : 지도 및 주제도 제작, 고도값 추출, 변화탐지, 접근불능 지역 지도제작 등 • 수자원 : 빙하탐지, 어업관리, 갯벌생태계조사, 수질관리, 수자원재해 모니터링, 습지변화탐지 등 • 지질자원 : 선구조 추출, 광물탐지, 지질재해조사 등 • 산림 : 바이오매스 추정, 산림재해 모니터링, 산림자원정보구축 등 • 농업 : 작황분석, 농업재해 모니터링 등 	
복지향상	<ul style="list-style-type: none"> • 문화 관광 • 위치공간정보 	
국가위상제고	<ul style="list-style-type: none"> • 발사체 개발 • 우주과학 연구 및 우주탐사 	

자료: 국토연구원¹⁷⁾ 수정

□ 해외의 위성센터 운영 방식은 2014년 ‘1차 위성정보 활용 종합계획’을 바탕으로 위성정보 활성화를 추진해온 국내 위성센터 운영의 표본

- 국내 위성센터의 역할을 해외 위성센터 운영 방식으로 구분한다면 위성 개발/운영을 전담하는 항우연(국가위성정보활용지원센터)과 그 외의 위성센터는 전문 활용기관으로 역할로 구분이 가능

17) 국토연구원 (2015), 국토관측 위성정보 활용기술 센터 설립 기반 연구 참조

<표 2-5> 국내외 위성센터 비교

구분	미국	일본	중국	한국
위성 운용기관	NASA (미항공우주국)	일본우주항공 연구개발기구 (JAXA)	국립우주과학센터 (NSSC)	국가위성정보 활용지원센터
위성 활용기관	NASA 데이터분산센 터, USGS	RESTEC, CERES	RADI, CAS, CMA	국가기상센터, 해양위 성센터, 환경위성센 터, 국가해양위성센 터, 국토위성센터 등
활용위성	Landsat, Terra/aqua, RapidEye	Terra/aqua, ALOS-1, 2	Landsat, Terra/aqua, Gaofen-2	KOMPSAT, 천리안 1호, 2B외 해외 위성
특징	<ul style="list-style-type: none"> 위성운영/활용기 관이 명확히 구분 분야별 위성활용센터가 독립적으로 설립·운영 전문기관별 별도 전처리 수행 	<ul style="list-style-type: none"> 위성운영/활용기 관 명확히 구분 민간차원 위성 활용 촉진 학술 부분 위성정보 활용 활성화 	<ul style="list-style-type: none"> 위성정보, 드론 영상, 공간정보를 융합·활용하여 중국 전역의 모니터링 지속적인 위성개발·발사 	<ul style="list-style-type: none"> 위성운영/활용기 관이 분리 미흡 분야별 위성활용센터가 독립적으로 설립·운영 예정 전문기관별 별도 전처리 수행 예정

- 국가기상센터는 보조관제 시설을 보유하고 있어, 보조 운영기관으로서의 역할을 수행
- 위성에 대한 주 관제권한은 항우연의 국가위성정보활용지원센터에서 보유하고 있으며 위성자체에 대한 운영 및 관리를 책임
- 국가기상센터는 천리안 위성의 탑재체에 대한 운영권한을 보유하여 탑재체 운영을 결정하고 요청할 수 있는 권한을 가지고 있으며, 이는 천리안 위성 공동운영 규정을 통해 보장

□ 수많은 분야 활용되고 있는 위성정보를 효율적으로 제공하고 활용하기 위해서는 해외 국가들의 위성센터의 역할 분담을 참고하여 국내 위성센터의 전문성을 확대할 수 있도록 각 활용 위성센터의 권한을 보장 필요

- 위성센터와 연계된 전용 위성에 대한 촬영권한 및 위성정보 배포권한을 인정하여야 '1차 위성정보 활용 종합계획'을 수립 시 추구한 공공수요 확대라는 목표를 달성 가능

<표 2-6> 국내 위성센터 비교

구분	국가위성정보 활용지원센터	국가기상 위성센터	해양위성센터	환경위성센터	국가해양 위성센터
기능 및 임무	위성 운영/관제, 수신/처리/배포, 영상지도 제작	보조 위성 운영/관 제, 수신/처리/배 포, 기상예보 분석	GOCI자료 운영, 수신/처리/배포, 해양활용연구	환경위성 운영 및 관측 자료의 수신·처리·보존 및 배포	해양관측위성 운영, 위성정보생산·관리· 공급, 산업화 활용
주요 임무	지상국 운영 및 기초활용 연구 위성정보 수신처 리보급, 위성정보 활용, R&D, 대 외협력 활용지원	기상위성 지상국 개발 및 운영 위험기상 감시능 력 향상, 자료관 리, 기상분석, 국 제협력 등	해양환경 (준)실시 간 모니터링 GOCI자료 운영, 수신/처리/배포, 해양 활용 연구	지구환경 실시간 모니터링 및 방재 기후변화, 대기오 염, 생태계 변화 감시를 통한 정책 수립지원	공공부문 해양위성 활용 서비스 제공 다중위성을 활용한 활용기반기술 개발 해양위성정보 활용 인프라 구축
수신 위성 자료	KOMPSAT, STSAT, COMS 등	MTSAT-2, NOAA, MODIS, COMS 등 20가지	COMS, MODIS, NOAA, SEAWFS	Sentinel-4, NOAA, MODIS, GEO-CAPE 등	천리안 1호, 2B
검보정체 계 구축	다목적실용위성 검보정 체계 구축	천리안 기상센서 검보정 체계 구축	천리안 해양센서 검보정체계 구축	-	-
자체위성 정보수신	천리안 및 다목 적위성계역 수 신 안테나 운영	천리안위성 수신 안테나 운영	천리안위성 수신 안테나 운영		

2. 국내 위성센터 분석

가. 국가기상위성센터

- 국가기상위성센터는 2018년 12월 천리안 2A 정지위성을 발사를 위한 위성운영, 지상국 개발, 활용기술 개발 등 국토위성센터가 수행할 다양한 업무에 대한 경험 및 노하우 보유
 - 국내 위성센터 중 항우연을 제외한 위성제작, 운영, 검증, 관제 등의 업무 수행력을 보유한 기관
 - 2010년부터 천리안 위성을 운영을 통해 위성개발, 활용, 운영에 대한 체계를 수립
- 국가기상위성센터의 천리안 2A 위성 발사 및 운영 과정에 대한 분석은 국토관측위성의 운영을 준비하는 국토위성센터로서 중요한 사례임
 - 천리안2A 위성 발사 및 운영을 위해 수행된 개발, 준비, 검증 절차를 검토
 - 2010년부터 천리안 위성을 운영하면서 누적된 위성운영, 위성정보 제공, 위성정보 품질관리 서비스 등에 대한 검토

1) 센터운영 기반 법규

- 국가기상위성센터의 천리안 위성운영에 대한 법적 권한은 과학기술정보통신부, 기상청, 해양수산부, 환경부 등의 훈령인 천리안위성 공동운영규정에 의거하여 운영 권한을 보유
 - 위성운영기관은 항우연 국가위성정보 활용지원센터, 탑재체운영기관은 국가기상위성센터, 해양위성센터, 한국전자통신연구원으로 정의되어 국가기상위성센터는 위성정보 수집, 처리, 활용, 보급에 대한 권한을 보유
 - 항우연 국가위성정보 활용지원센터는 위성본체의 관제 및 운영, 원시영상 획득 및 전처리 백업, 위성운영에 대한 인원 및 시설, 위성정보관련 활용 지원으로 취득된 천리안 위성정보에 대한 권한 제한
- 천리안 공동운영규정에 의거 천리안위성 운영위원회를 위원장(교육과학기술부소속 고위공무원)을 포함한 10인 이내의 위원으로 구성되어 운영
 - 주관 및 참여부처의 당연직위원, 산업계·학계·연구계의 위성정보 활용분야 전문가를 위원장이 위촉한 위촉직위원으로 구성
 - 위원회는 천리안위성 운영 및 활용계획, 탑재체의 임무 우선순위 조정, 위성운영비용 분담, 위성정보 보급 및 판매, 그 밖에 위성운영 및 활용에 관한 기타 사항에 대한 심의조정의결의 권한을 보유

2) 기상위성운영(천리안 2A) 개발 및 준비

□ 국가기상위성센터는 천리안 2A 위성을 2018년 12월 5일 발사를 위해 관계 기관과 함께 위성 개발을 진행

- 2012년부터 천리안 2A 위성의 개발을 착수하여 국가기상위성센터에서는 임무 탑재체(기상, 우주기상)의 개발, 지상국 개발, 위성정보의 품질유지를 위한 검·보정 기술개발 등을 수행¹⁸⁾

<표 2-7> 국가기상위성센터의 천리안 2A 위성 개발 내역

위성 개발 참여 분야	중점 개발 내용
기상탑재체 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 차세대 고성능 기상 영상기 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 12채널 이상의 기상 영상기 - 적외영상 2 km, 가시영상 1 km 이상 공간해상도 - 10분 이내 전구관측
우주기상 탑재체 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 정지궤도용 중에너지 입자측정기 <ul style="list-style-type: none"> - 정지궤도상의 100 KeV ~ 2MeV 에너지 입자 측정 • 정지궤도 자력계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 정지궤도 자기장 ± 350 nT 측정 • 위성대전감시기 개발 <ul style="list-style-type: none"> - ± 3 pA/cm² 범위의 위성대전전류 측정
지상국 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 자료 처리 시스템(기상, 우주기상) • 자료 분석 시스템(기상, 위성,) • 위성자료 서비스 시스템 • 품질관리 시스템 • 통합운영감시제어 시스템 • 사용자 맞춤형 영상처리도구 시스템 • 기상자료방송 수신기 개발

자료: 국가기상위성센터

- 위성 및 탑재체 조립 이후 위성 발사 및 운영 위해 1단계 충격, 진동 및 음향 시험, 2단계 열 진공 시험, 3단계 전자기 적합성 시험, 4단계 단계별 시험 후 전기적 접속 및 기능 시험 등 4 단계의 위성환경시험을 위성개발기관인 항공우주연구원에서 진행

□ 2018년 발사가 성공적으로 수행된 이후 2019년 상반기까지 위성 및 지상국 시스템에 대한 IOT¹⁹⁾를 완료하고 하반기부터 기상 및 우주기상 관측업무를 수행 중

18) 기상청 (2015.7), 감사결과보고서-국가기상위성센터

19) In Orbital Test : 궤도 상 기능 시험

- 천리안 2A 위성의 발사 후 IOT 기간동안 다음 <그림 2-15>과 같은 절차를 수행하여 위성정보 취득을 2019년 하반기에 실시

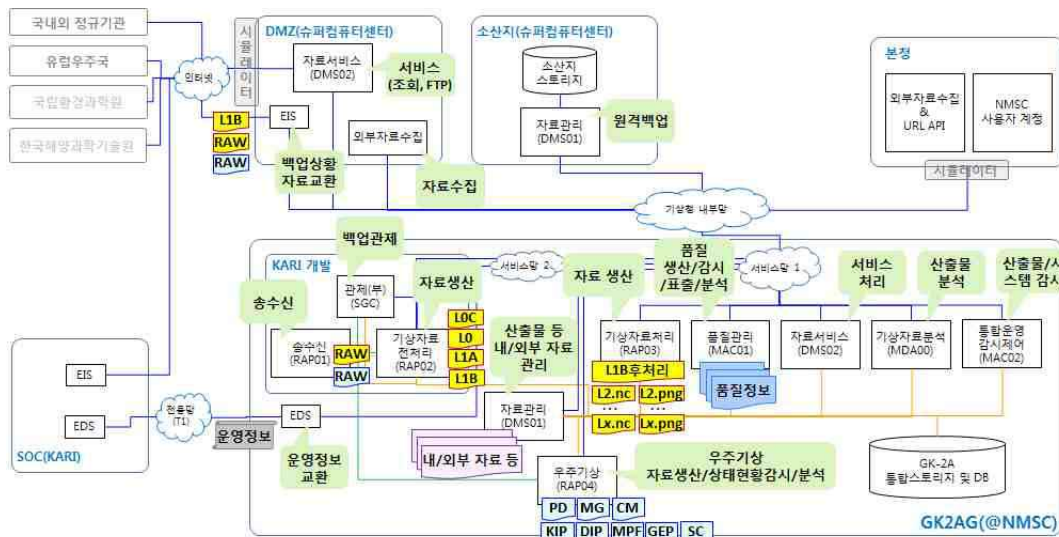
<그림 2-15> IOT 기간 위성검증 절차



자료: 국가기상위성센터

- 기상 및 우주기상 관측정보를 수신·처리·분석·관리 및 서비스를 위한 지상국 시스템을 개발하여 시스템 통합시험, 시스템 시험, 외부시스템과의 연동시험 등을 발사 전 수행하고 IOT 기간에는 정규운행을 위한 송수신 시험을 수행하였음

<그림 2-16> 천리안 2A 위성 지상국 통합시험 시스템 구성도



출처 : 국가기상위성센터

- 천리안 2A 위성은 기상 및 우주기상에 대한 관측을 통해 기상정보 취득, 태풍 및 해양정보 분석, 기후환경 분석이라는 명확한 목적에 따라 2014년부터 2019년까지 활용기술을 개발을 추가적으로 추진

- 초단기 기상, 태풍·해양, 융합, 기후·환경 등의 분야별 표준/모듈 기술 또는 알고리즘 성능 개선, 원형기술 개발 등을 진행

3) 기상위성 운영 및 검증 분석

가) 위성정보 활용 및 운영

□ 천리안 2A 위성은 16개의 관측 채널, 0.5~1.0km 공간해상도, 시간당 24회의 관측주기, 우주 기상 관측 3종 등 천리안 1호 위성보다 향상된 성능을 보유

- 천리안 2A 위성은 탑재된 기상 관측 채널을 이용하여 기본 산출물 23종, 부가산출물 29종에 대한 기술을 개발
- 각 산출물별 알고리즘을 홈페이지에서 제공하여 산출물 활용 시 사용자 활용 지원

<그림 2-17> 천리안 2A 위성 산출물



출처 : 국가기상위성센터²⁰⁾

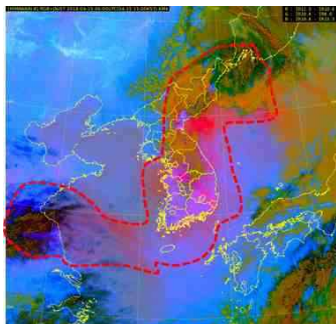
□ 국가기상위성센터는 천리안2A 위성 외에 히마와라-8, SCATSAT-1, METOP-1,2 등 다수의

20) 국가기상위성센터. nmsc.kma.go.kr/html/homepage/ko/main.do (access July 30, 2020)

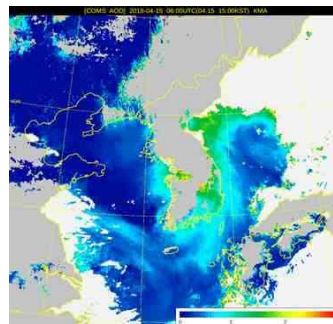
해외위성 정보를 수집·분석하여 기상정보 시스템에 제공

- 위성영상분석을 통해 종관기압계 흐름, 구름의 생성 및 이동, 태풍의 발생 및 경로, 황사, 에어로졸, 해상풍 등의 정보를 예보시스템에 제공
- 지속적인 분석 알고리즘 개선 및 신규 분석 기법 연구, 기상 분석을 위한 위성영상 분석 가이드 구축, 최신 기상분석 기법 개발 등을 수행하고 현업화하여 고품질 위성분석정보 생성

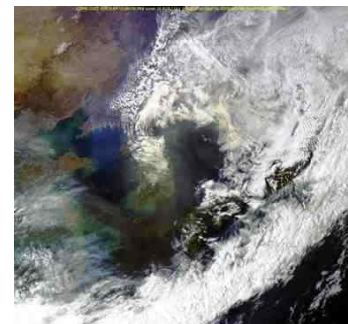
<그림 2-18> 기상위성 영상분석 예시



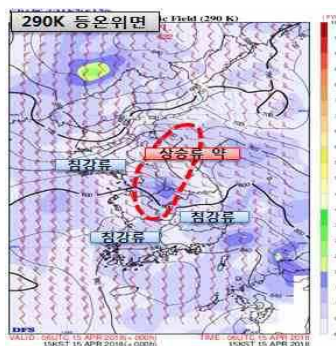
히마와리-8 황사 RGB



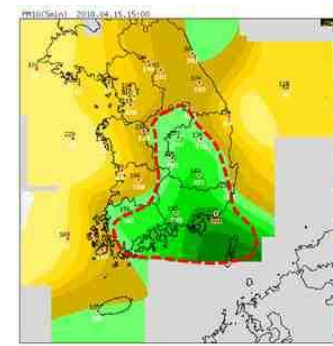
천리안 에어로졸 광학두께



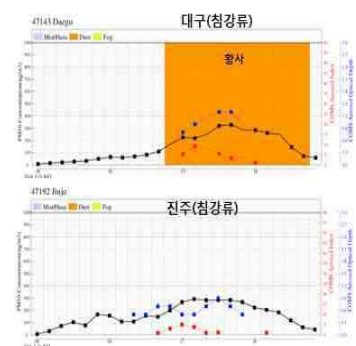
히마와리-8 True Color RGB 영상



290K 등온위면
출처 : 국가기상위성센터



PM10 분포



위성관측과 지상관측 비교

나) 위성정보 활용을 위한 연구 수행

□ 일기 예보를 지원하기 위한 영상 활용 기술

- 초단기 예보에 활용하기 위해 위성영상기반의 외삽 예측 영상 생성을 위해 초단기위성활용기구에서 개발한 대기운동벡터기반 기술과 캐나다 McGill 대학에서 개발한 변분법적 예고 추적기술을 적용
- 히마와리-8 위성 영상정보를 기반으로 대류운 탐지 및 추적기술을 적용한 모듈을 구축하여 대류운의 식별 및 일생을 감시하고 관련 산출물 생성
- 위성자료를 이용한 태풍분석 알고리즘 고도화 기술 개발하여 정지 및 저궤도 위성자료를 통해

태풍발달 단계를 분석

- 위성자료 처리서비스 기술 개발 및 체계 개선을 통해 홈페이지 개선, 신규자료 저장 체계, 해외위성자료 처리 소프트웨어 수정 등을 수행
- 융합분야 활용을 위해서 기계 학습 적용 토양 수분 산출 및 평가, 기후분야를 위한 위성기후자료 평가기술, 위성기반 기후자료를 이용한 한반도 가뭄분석 등 기술개발 및 산출물 정확도 개선 등의 연구를 진행
- 기타 연구로 위성활용 지구관측을 통해 육상강우 및 강설에 대한 연구, 한반도 GPM 위성 강수 지상 검증 분석, 북극해빙감시 시스템을 이용한 북극 해빙 감시연구 등을 수행

4) 품질 및 서비스관련 분석

- 우주환경의 변화에 따라 위성 및 탑재체의 성능 및 장애가 발생하며, 지상국 시스템의 장애 또는 전처리 알고리즘 변경 등의 사유로 천리안 2A 위성정보의 품질 변화를 사용자와 공유하기 위해 매달 위성정보의 품질분석 보고서 제공
 - 복사보정, 위치보정에 대한 품질지표를 분석하여 그 결과를 제공하며 복사보정은 신호대잡음비(SNR²¹⁾), 잡음 상당 온도차 분석(NEdT²²⁾), 위치보정은 위정결정정확도(동서, 남북)에 대한 관측값을 기준값과 함께 제공
 - 복사보정에서 가시채널은 SNR 값이, 적외채널은 NEdT 값이 평가항목이며, 위치결정 및 유지정확도 검증을 위한 영상위치보정(INR²³⁾)은 가시채널에서 관측한 별 위치와 카탈로그 별 위치의 차이를 잔차의 3 σ 값을 성능정확도 지표기준으로 제시
 - 천리안 2A 기상영상의 복사보정 및 위치보정 성능은 위성정보 자료의 품질을 결정하는 기본적인 요소로 다양한 기상산출물의 품질에 직접적인 영향으로 지속적 감시, 관리, 개선이 요구

나. 해양위성센터

- 해양위성센터는 천리안위성 공동운영규정 및 천리안 해양관측위성 운영 및 자료배포규정에 따라 천리안 위성의 해양탑재체를 운영하는 기관으로 다수의 해외해양위성을 활용

21) Signal to Noise

22) Noise Equivalent Differential Temperature

23) Image Navigation and Registration

- 한반도 주변 해양생태계 모니터링, 해양환경 및 기후 변화 모니터링 등을 위해 천리안 위성의 해양탐재체를 활용하는 세계최초 정지궤도 해양관측위성 운영
- 해양 위성정보 생성을 위한 Data Processing System을 제공하여 사용자가 L2, L3 산출물을 자체 생산 지원

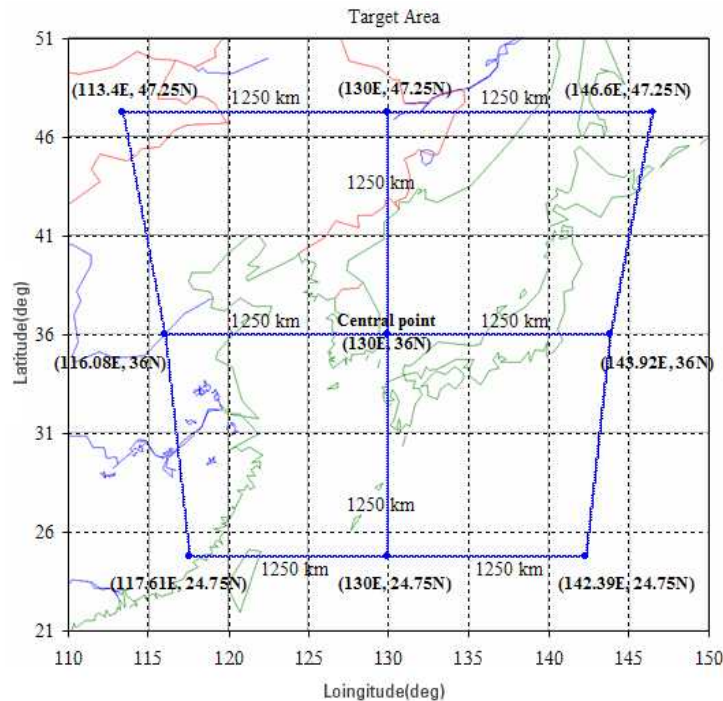
1) 해양위성운영 현황

가) 해양위성센터의 위성운영

□ 해양위성센터는 천리안 위성을 국가기상위성센터와 공동으로 운영하였고 2020년 발사된 천리안 2B에 해양탐재체(GOCI II)에 대한 운영을 전담

- 천리안 위성을 이용하여 촬영영역 2,500km × 2,500km 영역을 공간해상도 500m의 8개 밴드로 구성된 해양탐재체를 운영하여 한반도 주변 해양생태계를 모니터링
- 일 8회 촬영을 기반으로 야간 태양광보정을 주 2회 수행하고 있으며 영상획득은 taring 방식으로 CMOS 2차원검출기를 이용한 캡처방식으로 16개 슬롯으로 나누어 촬영됨
- 촬영시간은 매시간 15분에 촬영을 시작하여 30분간 진행되고 센서의 안정화를 위해 30분간의 휴지기가 존재

<그림 2-19> 천리안 해양탐사체 촬영 범위



출처 : 해양위성센터

□ 해양위성센터는 천리안 위성 외에 1996년부터 해외위성정보를 수신하였으며 현재는 NOAA, Aqua, Terra, NPP 위성정보를 수신하여 한반도 주변의 해양위성정보를 취득

- NOAA 위성은 1978년부터 발사되어 현재 18, 19호가 운영 중이며 지구관측 및 환경감시를 위해 가시광선, 근적외선, 적외선 영역의 센서를 탑재
- MODIS 센서는 Aqua, Terra위성에 탑재되어 지구생물권의 Dynamic에 근거한 자료를 제공하는 EOS 프로젝트의 주 활용센서로서 해양, 육상, 대기에 적용되는 다목적 36개 밴드로 구성되어 지표면 온도, 기초생산력, 구름, 에어로졸, 수증기량, 온도 수직분포 등에 활용
- NPP 위성은 NASA의 지구관측위성으로 탑재된 5개의 센서 중 VIIRS 센서가 해양관측 임무를 담당하고 있으며 NOAA, MODIS 위성의 탑재체의 임무를 승계를 위해 개발된 지구관측 후속 위성으로 22개 밴드로 구성되며, 가시광선 영역은 지구의 표면, 산불, 육상의 변화, 해빙 정보를 수집하고 근적외선 영역은 구름, 바다표면온도 등을 포함한 대기, 해양 정보를 취득

<표 2-8> 해양위성센터 해외위성 운영 내역

위성	센서	산출물	공간해상도
NOAA-18, 19	AVHRR	해수면온도	1.1 km
Aqua, Terra	MODIS	해수면온도, 클로로필	1 km
NPP	VIIRS	해수면온도, 클로로필, 불빛자료	750m
기타		다중위성 합성해수면 온도자료	1 km

자료: 해양위성센터

나) 해양위성센터 운영 방향

- 환경부와 공동운영되는 천리안 2B 위성은 현재 궤도 성능시험이 진행 중이며, 본격운영 체제 시 국립해양조사원의 국가해양위성센터와 상호협력관계를 통해 운영 예정
- 국가해양위성센터는 위성정보 배포를 통한 대국민서비스를 담당하고 해양위성센터는 GOCI-II 센서의 활용성을 증대하기 위한 기술개발에 집중
- 천리안 2A의 기상탐재체, 2B의 환경탐재체(GEMS)와 연계한 융복합 연구를 통해 수온센서가 없는 GOCI-II 센서의 취약점을 보완 예정

2) 해양위성정보 검보정

- 천리안 위성에서 얻어진 자료가 품질기준에 적합여부를 검토하는 검정과 표준측정값과 비교하여 정확도를 확보하는 보정을 위해 해양위성센터는 다양한 활동을 수행
- 복사/기하 보정을 위해서 발사 전 기기검교정을 수행하고 발사 후에는 천체를 이용하거나 대리 교정을 통해 수행
- 탐사선을 이용하여 현장 자료 채취, 고정관측점 자료 이용, 타 해양위성과의 비교 등을 통해 원격탐사반사도의 정확도(대기보정 성능 검증), 2차 산출물의 정확도 등을 검토,
- 영상품질 관리 및 개선을 위해서 해양위성자료 처리 시스템에 사용되는 기타 입력자료 및 전처리에서 발생하는 오류를 수정하고 위성영상의 슬롯간의 편차 정량화 및 알고리즘을 개선

<그림 2-20> 천리안 위성 검보정 활동



자료: 해양위성센터

다. 시사점

□ 국내 유사위성센터인 국가기상위성센터, 국가해양위성센터의 운영방식은 관측정보의 제공, 분석, 관련 분야별 기초자료 생성 등 소속기관의 운영 및 연구를 위한 자료 생성에 중점

- 국토위성센터의 영상자료, 공간정보 생성 등 국토관측위성의 제공되어 지는 산출물은 초기 위성 정보의 활용목적이 다름
- 두 위성센터는 각각 기상, 해양이라는 명확한 목적에 적합한 위성센서 및 위성자료를 생성하고 활용하는 것이 체계화
- 국토위성센터와 유사한 운영을 수행하는 것은 항우연 국가위성정보활용센터이나 보안을 이유로 내부 정보를 확인할 수 없음

□ 타 위성센터의 위성운영 내역을 검토하여 국토위성센터의 운영 시 고려사항을 검토

- 두 위성센터는 최근 천리안 2A, B 위성의 발사를 통해 IOT 운영을 수행하여 관련 노하우를 습득
- 각 위성센터의 활용목적에 적합한 위성정보 검보정 방안을 수립하여 지속적으로 위성정보 검보정을 수행
- 검보정 결과를 매월 수요자에게 제공하는 위성정보 품질관리를 통해 위성정보의 신뢰도를 유지

- 기상과 해양이라는 위성활용 목적을 위한 위성 탑재 센서에 대한 연구 및 위성정보 활용 기술 개발

□ 국토관측위성의 발사이후 국토위성센터는 위성정보 취득 및 활용을 위해 지속적으로 발전방향과 위성정보의 균일성을 확보하기 위한 방안 마련 필요

- 항공사진카메라 검보정 사이트 등 위성정보 검보정을 위한 방안 모색
- 위성정보 품질관리를 위한 위성정보 품질기준 수립
- 현재 개발된 활용기술의 고도화 및 신규 기술 개발 연구 계획 수립
- 국토영상정보 취득을 위한 차세대 국토관측위성 개발 계획 수립

제3장

국토관측위성 운영 방안

-
1. 국토관측위성 운영계획(안) 수립
 2. 국토영상정보 통합플랫폼을 위한 다중영상 모자이크 시험제작

1. 국토위성센터 운영계획(안) 수립

가. 지상관측용 인공위성 운영 방식

1) 위성영상 촬영 기술

□ 정밀한 지상관측을 위한 광학위성은 촬영 대상 지역에 태양광이 있는 시간대에 일정한 간격으로 관측을 수행하기 위해 고도 400 ~ 2,000km의 저궤도의 태양동기궤도를 선택하여 운영

- 특히 태양동기궤도의 위성은 매번 동일한 시간(local time)에 적도를 통과하기 때문에, 일정한 방향, 즉 목표물의 그림자 방향과 길이가 항상 동일한 조건에서 영상을 촬영이 가능
- 정밀한 지상관측용 광학위성은 위성의 재방문 주기를 조절하여 원하는 대상 지역의 위성영상을 획득
- 위성영상을 영상 획득 능력은 위성영상 센서의 관측 폭(Swath)의 면적과 위성자세 제어용 자이로스코프(Control Moment Gyroscopes, 이하 CMG) 기술 능력 및 인공위성이 지상 촬영 당시 수신 센터에 촬영 데이터를 직접적으로 수신할 수 없는 환경에 대비한 인공위성의 저장장치 용량 등에 따라 좌우
- 즉, 기상적 요소를 제외한 위성영상의 촬영 능력이 가장 좋은 경우를 가정한다면 위성영상의 촬영폭이 크고, CMG 기술 성능이 뛰어나며 위성영상 촬영과 동시에 수신 가능한 환경에서 촬영 효율이 가장 높음
- 그러나 현재 인공위성의 기술적인 제약 요소와 제반 환경으로 인하여 모든 요소를 만족할 수 없음
- Landsat-8 위성영상은 촬영 폭이 185km로 넓은 반면 공간해상도가 최대 15m로 정밀한 지상관측을 어려우며, 위성영상을 수신하기 위한 수신소를 전 세계 모든 곳에 설치가 불가능한 환경, 그리고 정교한 CMG 기술이 현재 일부 선진국에서만 활용 가능하다는 문제점들이 존재

□ CMG 원리는 자이로 스코프 효과를 이용하여 운동량 환의 회전축 회전을 사용

- 중요한 출력 토크를 즉시 생성하여 위성체의 빠른 자세 제어를 통하여 촬영 궤도를 지나는 동안 여러 군데 분포된 다양한 관심 지역(Regional Interest Area, 이하 ROI)에 대한 영상을 취득

<그림 3-1> 인공위성의 CMG



<SPOT-6&7의 CMG>



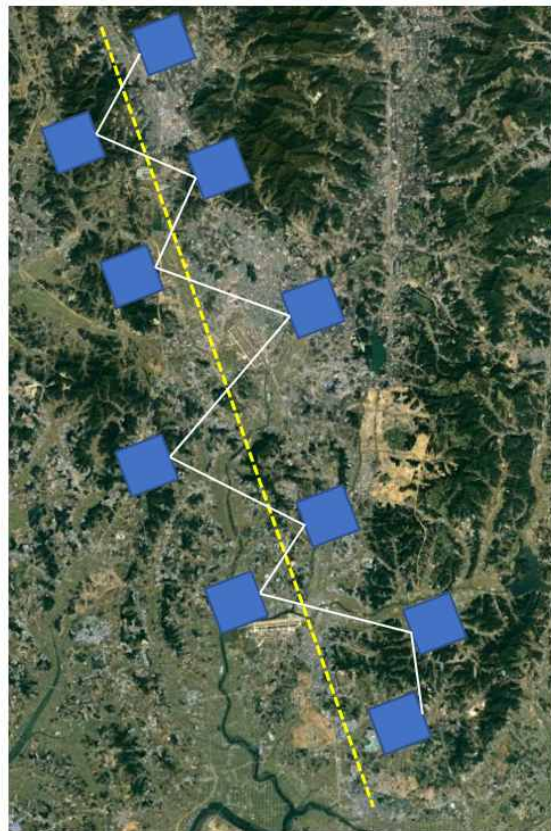
<WorldView-3의 CMG>

자료: SPOT 6 & SPOT 7 Imagery User Guide. <https://directory.eoportal.org/>

<그림 3-2> CMG 성능에 따른 위성촬영 능력의 예



저성능 CMG 기동



고성능 CMG 기동

자료: 저자작성

2) 위성영상 촬영 방법

□ 위성영상은 촬영 방식에 따라 스트립(Strip) 이미지, 다중점(Target) 이미지, 광역 추적(Multi-Strip) 이미지, 광역 임의(Corridor) 이미지, 입체(Stereo) 이미지로 구분

□ 스트립 이미지 촬영 방식은 좁고 긴 곳을 촬영하는 방식.

- 스트립 이미지 촬영 방식은 위성이 궤도를 지나가는 동안 별도의 CMG 기동을 하지 않고 궤도를 따라 길게 연속적으로 촬영하면서 영상을 이어 붙이는 방법
- 위성의 자세 변화 없이 긴 지역을 촬영할 수 있어 ROI가 좁고 긴 형태로 CMG 기동이 필요한 위성이 직접 수신할 수 있는 수신권역 내에서 촬영할 때 가장 효율성이 좋은 촬영 방식

□ 다중점 이미지 촬영 방식은 위성의 궤도가 지나가는 바로 아래쪽만 촬영하는 것이 아니라 위성체 및 카메라의 자세를 조절하여 원하는 곳을 촬영하는 방법

- 다중점 이미지 촬영 방식은 위성 궤도 내에 다양한 ROI 지역을 취득할 수 있다는 장점과 구름과 같은 기상 요소를 반영하여 구름이 없는 지역을 변경하여 촬영할 수 있다는 장점이 존재
- 다만 다중점 이미지 촬영 방식은 인공위성의 CMG 능력에 따라 효율성이 좌우

□ 광역 추적 이미지는 다중점 이미지보다는 광범위한 지역을 촬영

- 획득된 위성영상의 촬영 길이는 스트립 이미지 방식보다 짧으나 촬영면적을 넓히는 방법
- 이 방법은 ROI가 넓은 지역에 대하여 효과적으로 이미지를 취득할 수 있으나 다중점 이미지 촬영 방식과 마찬가지로 CMG 성능에 따라 효율성이 좌우

□ 광역 임의 이미지 촬영 방식은 궤도 진행 방향과 상관없이 촬영하는 방식

- 이 방법은 위성영상 진행 방향(보통은 남북 방향)과 직각을 이루는 동서 방향의 긴 형태의 ROI 지역을 획득하기 위해 사용하는 방법으로 국토관측위성을 이용할 경우 접경지역 등 동서로 긴 형태의 지역을 취득하는데 유용한 방법
- 광역 임의 이미지 촬영 방식은 위성영상이 촬영하는 동안 지속해서 인공위성의 자세에 변화가 필요한 기동으로 CMG 능력에 가장 제한을 받는 이미지 촬영 방식이라고 할 수 있음

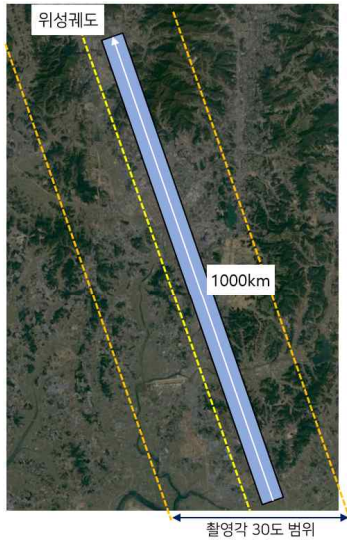
□ 입체 이미지 촬영 방식은 위성영상을 이용하여 3차원 공간정보를 획득하는데 필요한 취득 방법

- 위성영상도 항공사진과 마찬가지로 대상물 혹은 대상지역의 3차원 공간정보를 구축하기 위해서는 중복 촬영된 영상이 필요
- 항공사진의 경우 항공기가 진행하면서 중복된 영상을 취득하는 반면에 위성영상에서 입체영상을 취득하는 방법은 두 가지 방법이 존재
- 첫 번째 방법은 인공위성이 동일 궤도를 지나는 시간에 위성의 자세를 180도 회전하여 입체영상을 취득하는 In-Track 스테레오 방식과 획득하고자 하는 ROI에 대하여 다른 궤도의 위성영상을 활용하여 이미지를 획득하는 Cross-Track 스테레오 방식이 존재
- In-Track 방식은 입체시 획득 시간이 수초에서 수분 정도 소요되어 획득된 입체 영상 사이에 지형·지물의 변화가 거의 없을 뿐만 아니라 최적의 입체시 각도로 촬영할 수 있기 때문에 효율성이 높음
- 그러나 CMG 성능에 따라 영상 획득이 불가능할 수도 있다는 단점이 존재. Cross-Track 스테레오 방식은 CMG 성능에 크게 영향을 받지 않는으나 중복 획득된 영상 간의 시기 차이가 발생하면 지형·지물의 변화로 인하여 입체시 모형 및 3차원 공간정보 활용에 어려움이 있을 수 있고, 중복 영상 간의 입체시 각도에 따라 과고감, 위치정확도 요인에게 영향을 줄 수 있다는 단점이 존재

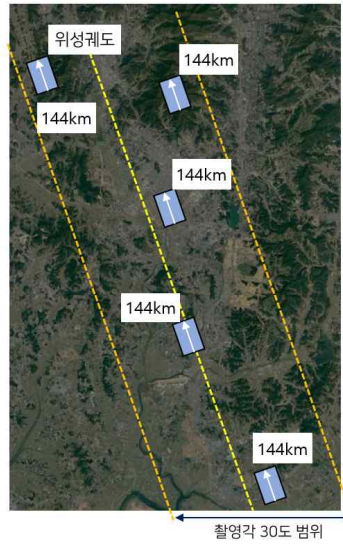
□ 국토관측위성도 위성영상을 취득하는 방법을 결정하는 데 있어 CMG 성능에 따라 다양한 취득 방식이 가능

- 다만 현재 국토관측위성의 기동 능력에 대한 상세한 설명서 등이 부족하여 KOMPSAT-3A 수준의 기동 능력을 기준으로 결정

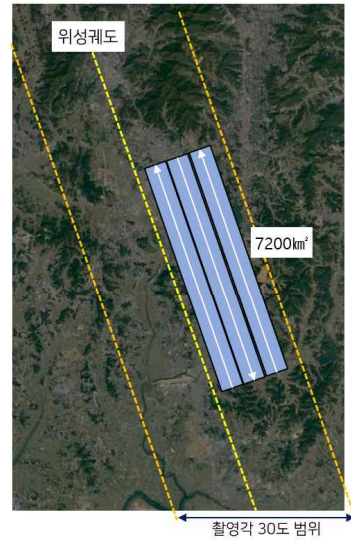
<그림 3-3> 위성영상 촬영 방식의 예



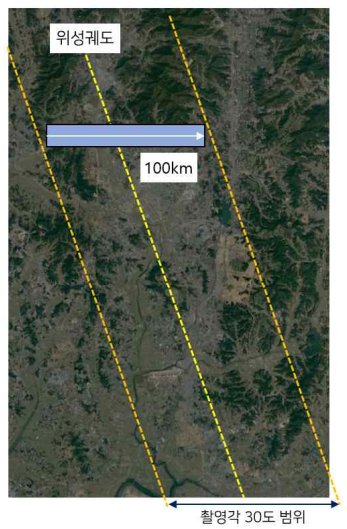
<스트립 이미지 취득 방식>



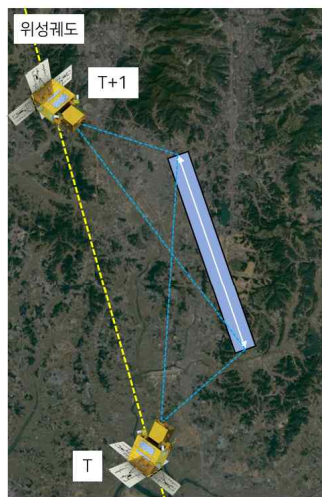
<다중점 이미지 취득 방식>



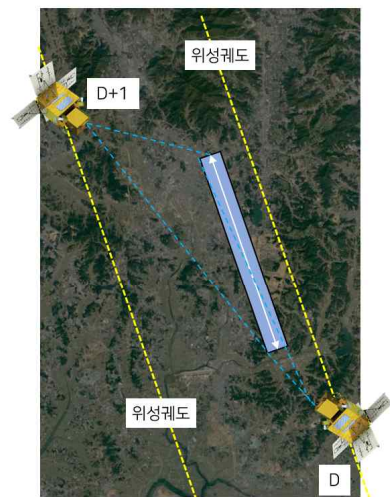
<광역 이미지 취득 방식>



<광역 임의 이미지 취득 방식>



<In-Track 스테레오 이미지 취득 방식>



<Corss-Track 스테레오 이미지 취득 방식>

자료: 저자작성

3) 국토관측위성 공개 리소스 분석

□ 인공위성의 촬영 능력을 결정하기 위해서는 위성 궤도분석이 필요

- 위성 궤도분석을 위해서는 해당 위성영상의 규격에 대한 정보가 필요
- 현재 공개된 국토관측위성의 정보는 총중량은 500kg 내외이고, 운영 고도는 497.8km, 공간해상도는 팬크로매틱 밴드(흑백) 0.5m, 멀티스펙트럴 밴드 2.0m
- 위성영상의 관측폭은 12km
- 국토 위성의 경사각은 별도로 나와 있지 않으나, 대부분 광학영상의 운영 경사각 약 98°인 점을 고려할 때 98° 내외일 것으로 추측
- 따라서 동일지역의 관측주기는 약 4.6일

<표 3-1> 국토관측위성 규격

항목	규격	비고
총중량	약 500kg	
파장대역	팬크로매틱 : 450~900nm 멀티스펙트럴(4 밴드) : 450~900nm	
위성 임무수명	4년	
예상고도	497.8km	
공간 해상도	흑백 : 0.5m 컬러 : 2.0m	
관측폭	12km 이상	
동일지역 재촬영 기간	약 4.6일	
1일 촬영 시간	한반도 촬영시 1 궤도당 2.5분	
촬영 면적	30초 촬영시 3,500km ²	

자료: 국토지리정보원²⁴⁾

24) 국토지리정보원 (2019), 국토위성센터 중장기 발전 로드맵(안)

□ 국토관측위성 촬영시 고려해야 하는 제약 조건에 대한 표준 리소스 다음과 같음.

- 위성의 시야 범위
- 저장장치 용량
- 촬영 간의 시간 차
- 위성의 촬영시야각(폭)
- 최소 촬영 가능 시간

가) 위성의 시야 범위

□ 위성의 시야 범위는 위성영상 촬영 방식과 관련이 있음.

- 인공위성은 CMG 성능에 따라 움직임이 지극히 제한, 이는 거대한 지구 주위를 중력과 원심력에 의해 운동하므로 지상에서처럼 마음대로 움직이지를 못하기 때문.
- 일부 군사위성을 제외한 대부분의 위성은 역학적 조건에 의해 정해진 경로(궤도)를 따라 움직이며 정해진 궤도를 따라 위성 카메라의 각도가 일정하게 유지되는 태양동기궤도 방식을 주로 사용하게 되는데 위성이 기동할 수 있는 능력에 따라 기동각의 변화폭이 결정
- 위성마다 다양한 자세로 영상을 촬영할 수 있는 능력이 다르며 촬영각 또한 그에 따라 달라짐.

□ 위성의 시야 범위는 영상 촬영이 가능하도록 위성이 최대로 변화시킬 수 있는 모든 가능한 기동각의 범위를 의미

- 국토관측위성의 기동 범위는 30도를 기준으로 함
- 국토위성 기동시간에 대한 자료는 현재 찾아볼 수 없으므로 본 연구에서 국토위성의 기동시간은 KOMPSAT-3A 위성의 30° 기동시간이 42초인 점을 고려하여 국토관측위성의 30° 기동시간은 42초로 정의

나) 위성속도

□ 위성속도는 위성의 시야 범위를 결정하는 데 필요한 요소

- 위성이 원심력과 중력의 영향 아래에서 동일 높이의 궤도로 운영되기 위해서는 위성의 속도가 중요
- 즉 위성의 속도가 너무 느려지면 중력에 의하여 지구로 추락하게 되고 위성의 속도가 너무 빠르면 원심력에 의하여 지구 중력을 이탈하여 더 먼 우주로 날아가게 됨.

- 위성속도는 위성이 촬영을 위한 기동 및 자세 안정을 위해 필요한 시간에 따른 이동 거리를 계산하기 위해 필요
- 현재 운영중인 KOMPSAT-3 영상의 궤도 속도는 초당 7.5km인 것으로 파악
- 국토관측위성의 속도는 케플러 3 법칙에 의하여 결정되며, 케플러 3 법칙은 행성의 궤도 운동 주기의 제곱은 행성 궤도의 장축길이의 세제곱에 비례. 이는 수식 <3-1>으로 표현.

$$F = m \frac{v^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2} \quad \text{수식 <3-1>}$$

수식 <3-1>에서

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad \text{수식 <3-2>}$$

여기서,

G : 중력상수

M : 지구 질량

r : 높이(지구 반지름 + 위성 궤도 높이)

□ 수식 <3-2>의 공식으로 계산하면 국토관측위성의 속도는 초당 약 7.6km

$$\sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} m^3/s^2 \cdot kg \times 5.98 \times 10^{24} kg}{6.869 \times 10^6 m}} = 7620 m/s \quad \text{수식 <3-3>}$$

다) 저장장치 용량

□ 위성은 위성체의 메모리와 전력 용량의 제약사항 때문에 촬영시간의 제약이 있음. 위성에서는 지상과는 다르게 저전력, 소형화 등을 위하여 가능한 제한된 크기의 메모리를 사용

- 위성의 제한된 용량의 메모리 때문에 한 번 촬영된 영상을 삭제하지 않은 상태에서 무한정 촬영을 계속할 수가 없고 일정 기간 또는 일정 횟수만큼의 영상촬영이 수행되고 나면 반드시 메모리를 비워 주어야 함.
- 즉, 촬영 횟수와 영상수신 횟수는 비례. 이는 수신 안테나의 가용 여부와도 연관되어 있으며 국

토관측위성은 한반도 궤도를 진행할 때는 수신소에 직접 수신이 가능하므로 메모리 부분을 특별히 고려할 필요는 없으나, 해외 영상촬영을 수행할 경우 메모리 용량을 고려 필요

- 항공우주연구원에서는 대전이외에 노르웨이에 별도의 영상수신 안테나를 운영하는 것으로 파악

□ 국토관측위성의 저장장치 용량을 128GB인 것으로 파악

- 위성영상과 수신소가 직접 수신이 가능한 지역에서는 저장장치 용량이 중요하지 않으나, 직접 수신이 불가능할 경우 인공위성의 저장장치에 촬영 이미지를 저장한 후 위성이 수신소를 지나가는 시기에 데이터를 내려주는 방식이기 때문에 한반도 이외 지역은 해외 수신소를 통해 수신하므로 한반도 외 지역 촬영에 따른 저장용량에는 문제가 없을 것으로 파악.
- 항우연에서 위성영상 수신을 위한 안테나는 대전과 노르웨이 스발바르 2곳을 통해 촬영된 영상을 수신. 즉, 국외에서 수신이 가능한 사이트는 노르웨이 스발바르 지역
- 국토관측위성은 촬영폭이 12km이고, 0.5m 흑백밴드 1개와 2.0m 칼라 밴드 4개로 이루어져 있으며, 영상의 방사해상도는 11bit로 추정. 해당 내용을 기초로 면적을 계산하면 <수식 3-4>으로 계산이 가능

□ 국토관측위성의 최대촬영 가능한 Ground Track 길이가 2,280km인 것을 고려하였을 경우 최대촬영 가능한 면적에 따른 저장용량은 17.5GB로 국토관측위성의 저장장치 용량이 128GB 점을 고려하면 최대촬영이 가능한 충분한 저장 공간이 있는 것으로 파악

$$\text{촬영폭화소} \times \text{촬영길이화소} \times \text{비트수} \times \text{밴드개수} \quad \text{<수식 3-4>}$$

<표 3-2> 국토관측위성 궤도에서 최대 용량 계산

분광영상	계산식	비고
흑백 영상	$(12 \text{ km} / 0.5\text{m}) \times (2,280 \text{ km} / 0.5\text{m}) \times 11\text{bit} \times 1 \text{ band} = 14\text{GB}$	
다중 분광	$(12 \text{ km} / 2.0\text{m}) \times (2,280 \text{ km} / 2.0\text{m}) \times 11\text{bit} \times 4 \text{ bands} = 3.5\text{GB}$	
합 계	17.5GB	

라) 촬영 간의 시간차

- 위성이 영상촬영 임무를 수행하는 데 1회 촬영 후 연이어 촬영하기 위해서는 탑재 카메라가 다시 가용하게 되기 위해 준비시간이 소요
- 궤도당 최대촬영 시간은 촬영 간의 시간차를 포함하는 값이며 촬영계획을 하게 될 경우 이 시간을 줄이기 위해 가능한 1회 촬영을 길게 하는 방안을 선택

마) 위성의 촬영 시야각은 탑재카메라가 1회 촬영 시 촬영 가능한 폭을 의미

- 획득한 영상을 기준으로 할 때 영상의 폭의 크기를 의미
- 촬영폭은 촬영지점을 0도로 지향할 때를 기준으로 삼으며 촬영각을 조정하게 되면 다소 차이가 발생
- 위성영상의 촬영 시야각이 넓으면 동일지역의 재방문 주기를 줄일 수 있으나, 위성영상의 연직방향(off-Nadir)에서 촬영 시야각이 클수록 위성영상의 공간해상도와 위치정확도가 저하되기 때문에 촬영 시야각을 고려해야 함.
- 국토관측위성의 영상촬영 시야각은 위성영상을 주 활용 방안 등을 검토하여 고려 필요.

□ 본 연구에서는 $\pm 30^\circ$ 를 한계 값으로 선정

- 위성영상의 시야각 계산은 FOV(Field of View)로 계산

$$FOV = H \times \tan(\theta) \quad \text{수식 <3-5>}$$

여기서,

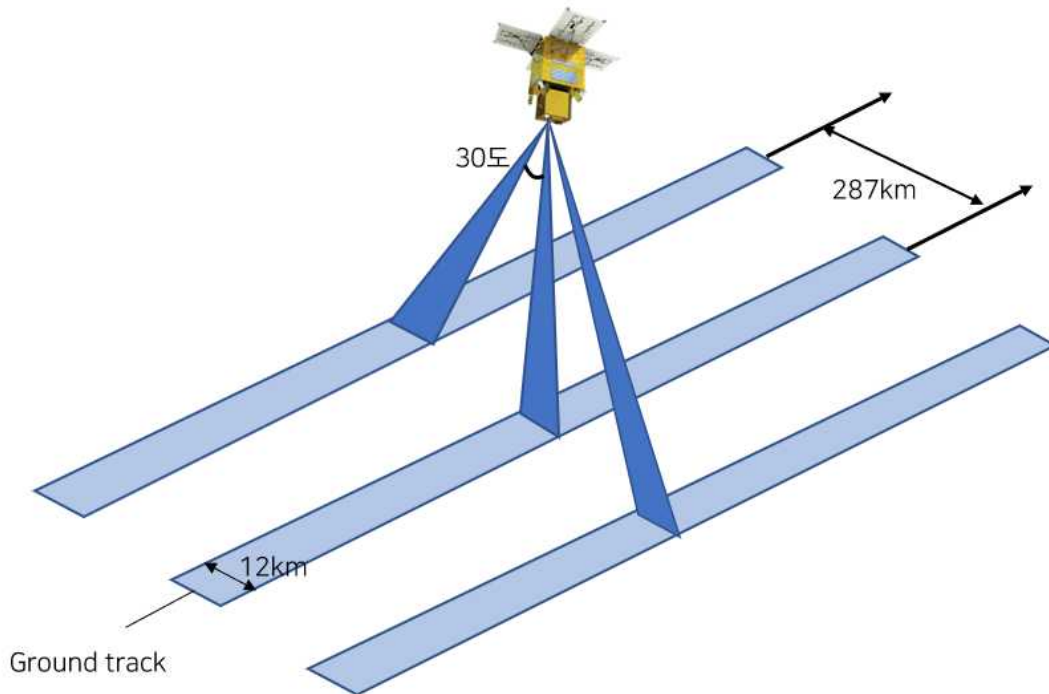
H : 위성 궤도 높이

θ : 시야각

- 위의 식을 이용하면 국토관측위성 최대 시야각 $\pm 30^\circ$ 에서 위성영상이 촬영 가능한 지상 거리는 약 287km

$$\text{지상거리} = 497.8\text{km} \times \tan(30) = 287.4\text{km}$$

<그림 3-4> 국토관측위성의 시야각의 예시 ($\pm 30^\circ$ 기준)



저자 작성

바) 최소 촬영 가능 시간

□ 요청된 ROI의 크기가 작다면 필요한 위성영상을 획득하기 위해 불필요한 촬영은 할 필요가 없으나 짧은 시간으로 촬영을 하는 것이 불가피하지만 이런 시도가 다수 발생한다면 촬영 간의 시간 차 때문에 인공위성의 활용도가 저하됨. 따라서 이에 1회 촬영 시 만족해야 하는 최소 촬영 가능 시간을 설정을 통하여 위성자원 활용을 높일 필요가 있음.

- 국토관측위성의 경우 한 궤도에서 촬영 가능한 시간은 5분
- 일일 촬영 가능한 시간은 최대 25분으로 되어있음.
- 최소 지속 촬영시간에 관한 내용은 명확히 파악하기 어려우나 KOMPSAT-3A 위성을 기준으로 할 경우 5초 이상 지속 필요.
- 이후 촬영 후의 안정화에 필요한 시간은 12.75초가 필요
- 이 항목들을 국토관측위성에 적용하면 최소 촬영시간에 따른 Ground Track의 길이는 $38\text{km}(7.6\text{km/s} \times 5\text{초})$ 이고, 촬영 면적은 $456\text{km}^2(12\text{km} \times 38\text{km})$. 해당 지역을 촬영 후 위성 자세를 15° 도 수정한 후 다음 촬영을 위한 Ground Track 길이는 약 $256\text{km}(7.6\text{km/s} \times 21\text{초}(15^\circ\text{도 자세 변화 소요시간}) + 12.75\text{초(안정화 시간)})$ 가 필요한 것으로 계산

□ 저장 메모리 용량과 직접 수신이 가능한 환경을 고려하여 단일 궤도에서 최대촬영 가능한 Ground Track 거리는 2,280km($7.6\text{km/s} \times 300\text{초}$)로 계산

4) 국토관측위성 촬영 시뮬레이션을 위한 리소스 결과

□ 국토관측위성 촬영 시뮬레이션을 위한 개략적인 리소스 결과는 도출

- 리소스는 국토관측위성과 관련된 사양서와 사양서에 명시되어 있지 않은 리소스를 별도의 계산 과정을 거쳐 결과로 분석
- 그러나 국토관측위성의 기동시간, 안정화 시간 등의 요소는 현재 공개된 자료가 없어 항공우주 연구원에서 운영하는 KOMPSAT-3A 위성영상을 참고하여 계산
- 국토관측위성 시뮬레이션에 필요한 리소스 결과는 <표 3-3>과 같음.

<표 3-3> 국토관측위성 시뮬레이션에 필요한 리소스 분석 결과

항목	리소스	비고
촬영 폭	12km	
경사각	98.127도	
위성 속도	7.6km/s	
운영 궤도	497.8km	
위성 자세 변동시간	30°에서 42초(약 319km 진행 후)	
위성 안정화 시간	12.75초(약 97km 진행 후)	
저장장치 용량	128GB	
저장장치 용량 대비 최대 촬영 면적	27,360km ²	
30도 시야각에서 촬영 가능한 거리	287.4km	
최소 촬영 길이/면적 (Ground Track 기준)	38km / 456km ²	
최대 촬영 거리 (Ground Track 기준)	2,280km	

자료: 저자작성

나. 한반도 촬영 운영 시뮬레이션 고려 요소

1) 촬영 운영 시뮬레이션 고려 요소

□ 위성영상은 취득방식에 따라 능동형 센서 방식과 수동형 센서 방식이 존재

- 능동형 센서 방식은 위성에 직접 마이크로파 등을 발사하여 지면에 반사되어 되돌아오는 신호를 기록하는 방식으로 대표적인 센서가 합성개구레이더(Synthetic Aperture Radar, 이하 SAR) 센서
- SAR 센서는 마이크로파를 활용하여 데이터를 취득하여 기상이나 주·야간에 상관없이 데이터를 취득할 수 있어 기상의 영향을 비교적 적게 받는 센서 방식
- 수동형 센서는 촬영 당시 태양과 같은 광원이 존재해야 하며, 구름 등이 있으면 구름 아래 지형·지물에 대한 정보를 취득할 수 없는 한계가 존재
- 수동형 센서는 일반적으로 광학 센서라고도 함. 따라서 광학 센서의 경우 위성영상 운영에 있어 기상의 영향을 받기에 구름량 등을 필수적으로 고려해야 함

□ 고해상도 위성영상은 하드웨어 및 소프트웨어의 한계로 인하여 한반도 크기의 광범위한 지역을 단시간 내에 취득하기가 힘들

- 필요지역에 대한 수요 예측과 기타 제반 사항을 고려하여 촬영 계획 수립시 ROI 설정 등을 통하여 촬영계획을 수립하기 때문에 관심지역에 대한 요소 도출이 필요
- 본 연구에서는 국토관측위성 촬영계획을 위한 기상요소와 관심지역 요소를 한반도와 해외지역을 구분하여 도출하였음

가) 기상 요소

□ 우리나라 항공사진 촬영 가능 날씨는 운량, 비행 시계 등을 고려할 때 67일 정도로 파악

- 67일 중 주로 봄·가을에 주로 촬영이 가능한 것으로 파악되었으나, 본 연구에서는 남·북한을 합친 한반도 전체에 대한 기상요소를 고려

□ 국토관측위성 영상 촬영 계획 수립에 필요한 각 지역별 운량의 통계를 산출하기 위해 기상자료 개방포털(data.kma.go.kr)의 웹 페이지에서 남·북한에서 운영하는 종관기상관측장비(Automated Surface Observing System, 이하 ASOS) 자료를 활용

- ASOS란 종관규모의 날씨를 파악하기 위하여 정해진 시각에 모든 관측소에서 같은 시각에 실시하는 지상관측을 의미

- 종관규모는 일기도에 표현되어있는 보통의 고기압이나 저기압의 공간적 크기 및 수명을 말하며, 주로 매일의 날씨 현상을 뜻함
- 따라서 해당 지역의 구름양을 파악하기 위해 가장 신뢰도가 높으며 광범위한 지역에 대하여 자료를 획득할 수 있음

<그림 3-5> 기상자료개방포털에서 ASOS의 평균 전우량 검색 예

종관기상관측(ASOS)

■ 자료설명

자료설명

종관기상관측이란 종관규모의 날씨를 파악하기 위하여 정해진 시각에 모든 관측소에서 같은 시각에 실시하는 지상관측을 말합니다. 종관규모는 일기도에 표현되어 있는 보통의 고기압이나 저기압의 공간적 크기 및 수명을 말하며, 주로 매일의 날씨 현상을 뜻합니다.

자료형태	분, 시간, 일, 월, 연	제공기간	1904년~(지점별, 요소별 다름)
제공지점	102개	제공요소	기온, 강수, 바람, 기압, 습도, 일사, 일조, 눈, 구름, 지면상태, 지면·초상온도, 일기현상, 증발량, 현상번호
유의사항	1회 조회 가능 최대 기간: 분 1일, 시간 1년, 일 10년, 월·연 제한 없음(장기간 자료는 '데이터셋 조회' 메뉴 이용) 시간/분 자료에 대해 관측값의 정상 여부를 판단하는 품질검사 플래그(QC FLAG) 정보 제공 * 제공 요소: 기온, 습도, 기압, 지면온도, 풍향, 풍속, 일조 / 플래그 종류(의미): 0(정상), 1(오류), 9(결측)		

자료	데이터셋	OPEN-API
----	------	----------

■ 검색조건

자료형태

일 자료

기간

20150101 ~ 20200622

지점

지도로 선택

전체

서울특별시

부산광역시

대구광역시

인천광역시

광주광역시

대전광역시

울산광역시

경기도

강원도

충청북도

충청남도

전라북도

전라남도

인제

기온

강수

바람

습도

기압

일조, 일사

눈

구름

평균 전우량

평균 중하층우량

지면, 지중온도

증발량

일기현상

> 조회

(1) ASOS 위치

□ ASOS 자료는 남한뿐만 아니라 북한이 세계기상기구(WMO, World Meteorological Organization)의 기상통신망(GTS) 활용이 가능

- 27개 지점의 관측 자료를 조회하고 다운로드 할 수 있어 분석에 활용
- 본 연구에서는 남한 95개소와 북한 27개소 을 합친 122개소의 ASOS 데이터를 이용

<표 3-4> 남·북한 ASOS 현황

순번	지점번호	지점명	위도	경도	남북한 구분	비고
1	3	선봉	42.3167	130.4000	북한	
2	5	삼지연	41.8167	128.3167	북한	
3	8	청진	41.7833	129.8167	북한	
4	14	중강	41.7833	126.8833	북한	
5	16	해산	41.4000	128.1667	북한	
6	20	강계	40.9667	126.6000	북한	
7	22	풍산	40.8167	128.15	북한	
8	25	김책	40.6667	129.2000	북한	
9	28	수풍	40.4500	124.9333	북한	
10	31	장진	40.3667	127.2500	북한	
11	35	신의주	40.1000	124.3833	북한	
12	37	구성	39.9833	125.2500	북한	
13	39	희천	40.1667	126.2500	북한	
14	41	함흥	39.9333	127.5500	북한	
15	46	신포	40.0333	128.1833	북한	
16	50	안주	39.6167	125.6500	북한	
17	52	양덕	39.1667	126.8333	북한	
18	55	원산	39.1833	127.4333	북한	
19	58	평양	39.0333	125.7833	북한	
20	60	남포	38.7167	125.3667	북한	
21	61	장전	38.7333	128.1833	북한	
22	65	사리원	38.5167	125.7667	북한	
23	67	신계	38.5000	126.5333	북한	
24	68	용연	38.2000	124.8833	북한	
25	69	해주	38.0333	125.7000	북한	

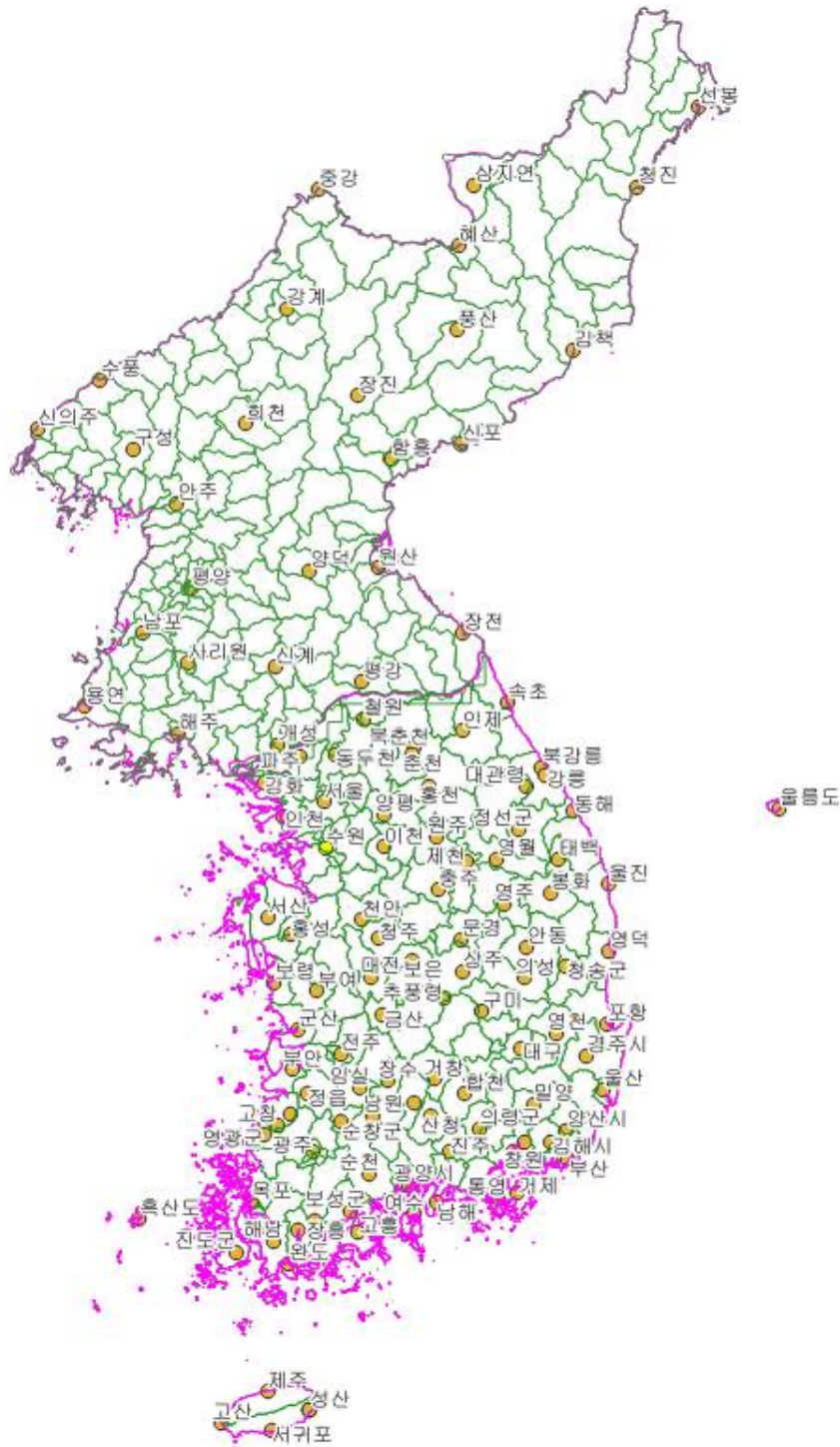
순번	지점번호	지점명	위도	경도	남북한 구분	비고
26	70	개성	37.9667	126.5667	북한	
27	75	평양	38.4000	127.3000	북한	
28	90	속초	38.2509	128.5647	남한	
29	93	북춘천	37.9474	127.7544	남한	
30	95	철원	38.1479	127.3042	남한	
31	98	동두천	37.9019	127.0607	남한	
32	99	파주	37.8859	126.7665	남한	
33	100	대관령	37.6771	128.7183	남한	
34	101	춘천	37.9026	127.7357	남한	
35	104	북강릉	37.8046	128.8554	남한	
36	105	강릉	37.7515	128.891	남한	
37	106	동해	37.5071	129.1243	남한	
38	108	서울	37.5714	126.9658	남한	
39	112	인천	37.4777	126.6249	남한	
40	114	원주	37.3375	127.9466	남한	
41	115	울릉도	37.4813	130.8986	남한	
42	119	수원	37.2467	126.9887	남한	
43	121	영월	37.1813	128.4574	남한	
44	127	충주	36.9705	127.9525	남한	
45	129	서산	36.7766	126.4939	남한	
46	130	울진	36.9918	129.4128	남한	
47	131	청주	36.6392	127.4407	남한	
48	133	대전	36.372	127.3721	남한	
49	135	추풍령	36.2203	127.9946	남한	
50	136	안동	36.5729	128.7073	남한	
51	137	상주	36.4084	128.1574	남한	
52	138	포항	36.032	129.38	남한	
53	140	군산	36.0053	126.7614	남한	
54	143	대구	35.878	128.653	남한	
55	146	전주	35.8408	127.119	남한	
56	152	울산	35.5825	129.3347	남한	
57	155	창원	35.1702	128.5729	남한	
58	156	광주	35.1729	126.8916	남한	

순번	지점번호	지점명	위도	경도	남북한 구분	비고
59	159	부산	35.1047	129.032	남한	
60	162	통영	34.8455	128.4356	남한	
61	165	목포	34.8173	126.3815	남한	
62	168	여수	34.7393	127.7406	남한	
63	169	흑산도	34.6872	125.451	남한	
64	170	완도	34.3959	126.7018	남한	
65	172	고창	35.3489	126.599	남한	
66	174	순천	35.0204	127.3694	남한	
67	177	홍성	36.6576	126.6877	남한	
68	184	제주	33.5141	126.5297	남한	
69	185	고산	33.2938	126.1628	남한	
70	187	성산	33.3868	126.8804	남한	
71	188	성산	33.3868	126.8802	남한	
72	189	서귀포	33.2462	126.5653	남한	
73	192	진주	35.1638	128.0400	남한	
74	201	강화	37.7074	126.4463	남한	
75	202	양평	37.4886	127.4945	남한	
76	203	이천	37.2640	127.4842	남한	
77	211	인제	38.0599	128.1671	남한	
78	212	홍천	37.6836	127.8804	남한	
79	216	태백	37.1704	128.9893	남한	
80	217	정선군	37.3815	128.6459	남한	
81	221	제천	37.1593	128.1943	남한	
82	226	보은	36.4876	127.7342	남한	
83	232	천안	36.7624	127.2927	남한	
84	235	보령	36.3272	126.5574	남한	
85	236	부여	36.2724	126.9208	남한	
86	238	금산	36.1056	127.4818	남한	
87	243	부안	35.7295	126.7166	남한	
88	244	임실	35.612	127.2856	남한	
89	245	정읍	35.5631	126.8392	남한	
90	247	남원	35.4213	127.3965	남한	
91	248	장수	35.657	127.5203	남한	

순번	지점번호	지점명	위도	경도	남북한 구분	비고
92	251	고창군	35.4266	126.697	남한	
93	252	영광군	35.2837	126.4778	남한	
94	253	김해시	35.2267	128.893	남한	
95	254	순창군	35.3714	127.1286	남한	
96	255	북창원	35.2264	128.6725	남한	
97	257	양산시	35.3072	129.0200	남한	
98	258	보성군	34.7633	127.2123	남한	
99	259	강진군	34.6261	126.7689	남한	
100	260	장흥	34.6888	126.9195	남한	
101	261	해남	34.5538	126.5691	남한	
102	262	고흥	34.6183	127.2757	남한	
103	263	의령군	35.3226	128.2881	남한	
104	264	함양군	35.5114	127.7454	남한	
105	265	성산포	33.3868	126.8804	남한	
106	266	광양시	34.9434	127.6914	남한	
107	268	진도군	34.4731	126.2585	남한	
108	271	봉화	36.9436	128.9145	남한	
109	272	영주	36.8718	128.5169	남한	
110	273	문경	36.6273	128.1488	남한	
111	276	청송군	36.4351	129.0401	남한	
112	277	영덕	36.5334	129.4093	남한	
113	278	의성	36.3561	128.6886	남한	
114	279	구미	36.1306	128.3206	남한	
115	281	영천	35.9774	128.9514	남한	
116	283	경주시	35.8174	129.2009	남한	
117	284	거창	35.6674	127.9090	남한	
118	285	합천	35.565	128.1699	남한	
119	288	밀양	35.4915	128.7441	남한	
120	289	산청	35.413	127.8791	남한	
121	294	거제	34.8882	128.6045	남한	
122	295	남해	34.8166	127.9264	남한	

□ ASOS의 위치를 지도에 표시하면 <그림 3-6>과 같음

<그림 3-6> 한반도 ASOS 위치



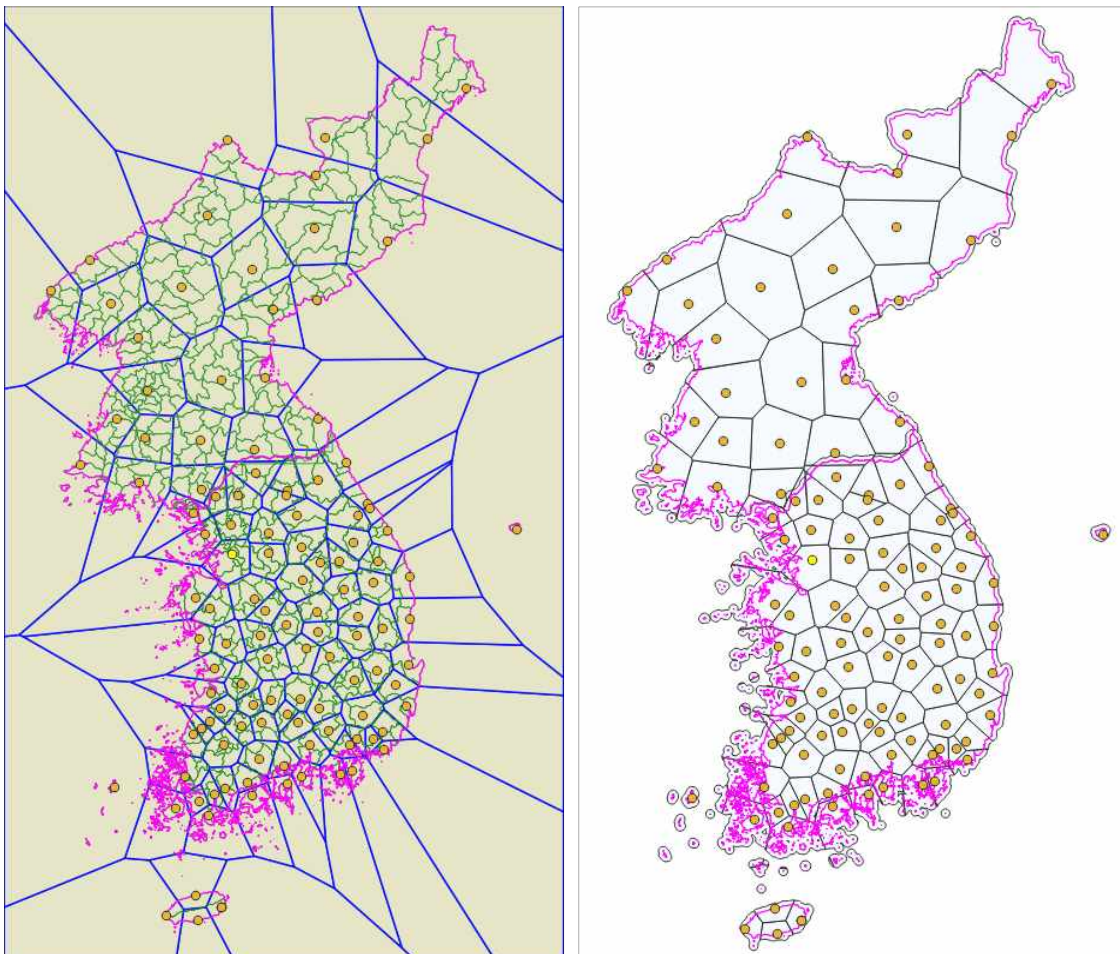
자료: 저자작성

(2) 티센망 제작

□ 취득된 자료의 ASOS 형태는 각 지점을 표시하기 때문에 점(point)형태로 표현. 따라서 면적에 해당하는 운량을 산정하기 위해서는 별도의 폴리곤(polygon) 작성이 필요

- 점 단위 형태로 되어 있는 지점정보를 이용하여 폴리곤을 구축하는 방법으로 가장 많이 활용하는 것은 티센(Thissen)망을 형성하는 방법
- 티센망은 각 인접관측소끼리 삼각형이 되도록 직선으로 연결한 다음 관측소 연결 직선을 수직 이등분선하여 서로 연결시키면 관측소 주위로 다각형이 형성되는 방법
- 본 연구에서 남·북한의 ASOS 위치 정보를 이용하여 제작한 티센망은 <그림 3-7>과 같음.

<그림 3-7> 한반도 ASOS 지점을 기준으로 작성된 티센망



<한반도 티센망>

<한반도 내륙 부분 티센망>

자료: 저자작성

(3) 지역별 운량 산출

□ 티센망이 구축된 지역의 월별 운량을 산출하기 위해 본 연구에서는 2015년 1월 1일부터 2019년 12월 31일까지 5년치의 일별 운량 데이터를 수집

- 기상자료개방포털에서 제공되는 자료에서는 월별 전구름양에 대한 평균치를 제공하지 않고 일별 전구름양에 대한 정보만 제공해 주기 때문에 일별 전구름양 데이터를 활용하여 5년 치의 월별 구름양 데이터를 수집
- 현재 한반도 기후가 아열대 기후로 점차 변화하고 있음. 따라서 현재 시점과 차이가 발생하는 과거 구름양 값을 평균으로 한다면 본 연구에서 사용되는 구름양 데이터의 평균값이 아열대 기후로 점점 변화하고 있는 현재 현상을 반영하지 못할 수 있으므로 현재 기후와 시기적으로 가까운 최근 5년치 데이터만 구름양의 평균으로 사용함.

<그림 3-8> 북한 선봉지역 2015년 1월 1일부터 평균 전운량 데이터의 예

■ 자료보기

CSV Excel

※조회 결과는 10건만 표출 됩니다. 상세결과는 파일 다운로드를 이용해주세요

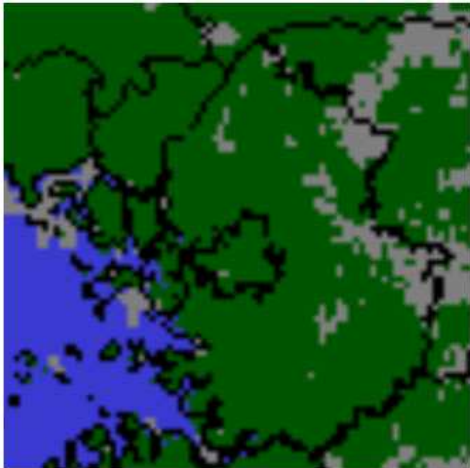
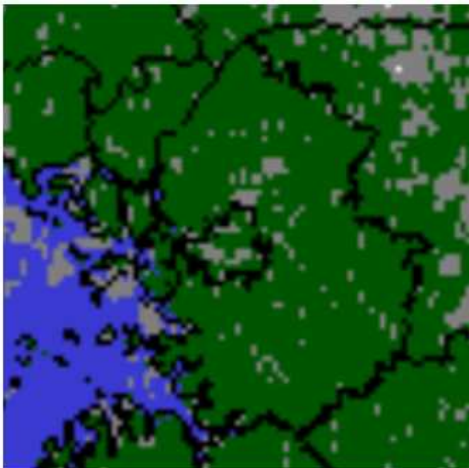
지점	시간(KST)	평균 전운량
선봉(3)	2015-01-01	2.5
선봉(3)	2015-01-02	4.8
선봉(3)	2015-01-03	5
선봉(3)	2015-01-04	10
선봉(3)	2015-01-05	8.8
선봉(3)	2015-01-06	1.3
선봉(3)	2015-01-07	0
선봉(3)	2015-01-08	0.4
선봉(3)	2015-01-09	3.9
선봉(3)	2015-01-10	4


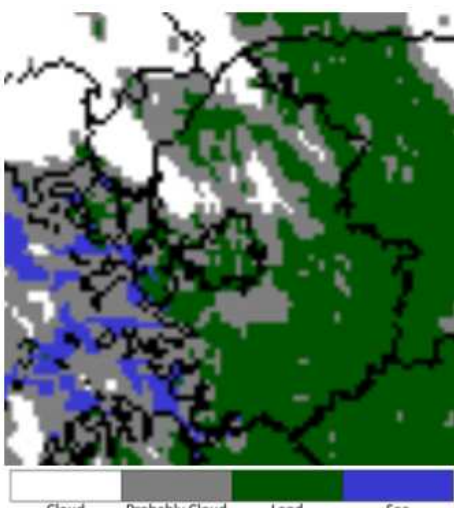
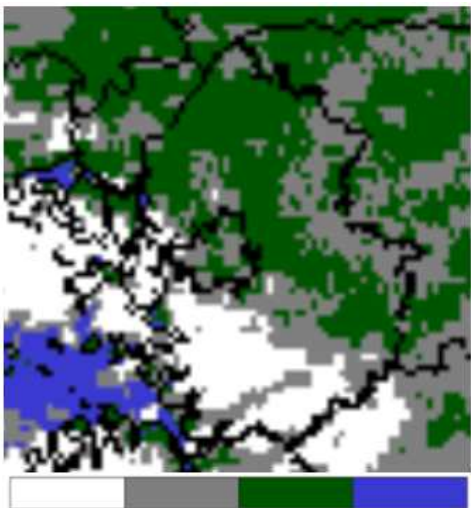
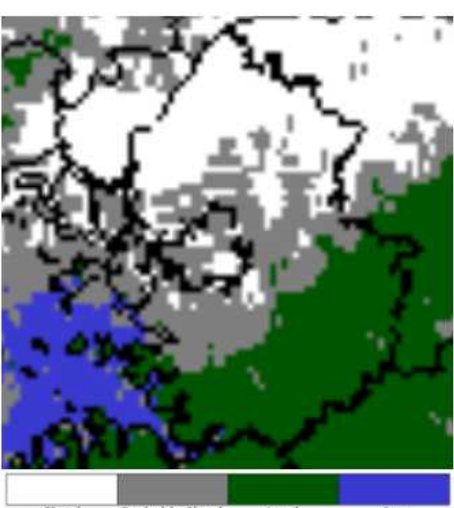
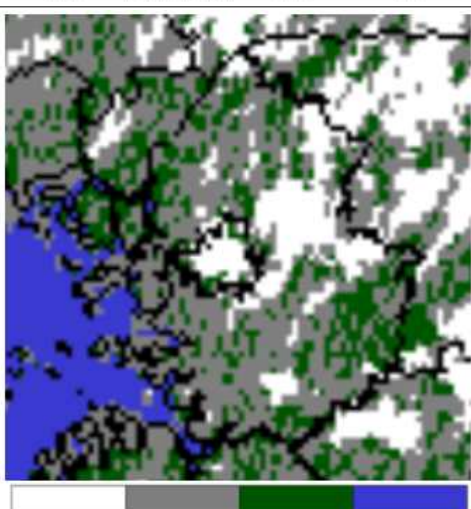
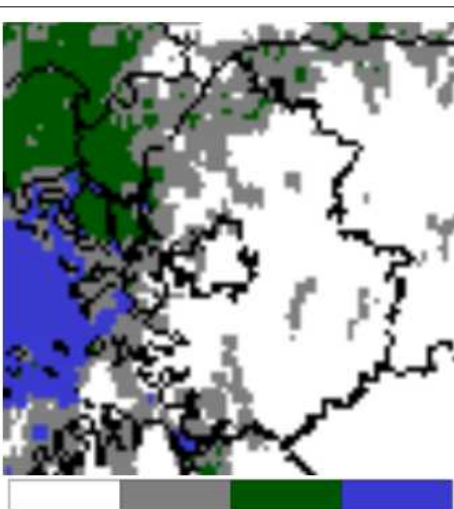
□ 전운량 데이터는 0 ~ 10의 숫자로 표현

- 평균 전운량은 강수현상이나 강수유무에 관계없이 평균 구름의 양을 의미

- 기상청에서는 운량이 0~2 사이는 맑음, 3~5 사이는 구름 조금, 6~8 사이는 구름이 많음, 9~10은 흐름으로 표현
- 위성영상에서 취득이 가능한 운량과 기상청의 운량을 비교하기 위해서 서울지역 ASOS 데이터상의 전운량과 기상위성 현황을 분석하여 위성영상 촬영이 문제가 없는 전운량의 수치를 확인
- 서울 지역 ASOS 데이터의 운량을 0~10까지 구분하고 해당하는 날짜의 기상위성을 비교한 표는 <표 3-5>와 같음
- 운량 지수와 기상 위성데이터를 비교해 보면 국토관측위성에서 촬영 가능한 운량 지수는 0~2 정도가 활용 가능하고, 3~4는 운량이 있는 지역을 제외하고 일부 사용 가능하며 5 이상은 운량이 많은 관계로 광학위성 촬영시 고려할 필요가 없는 것으로 나타남.

<표 3-5> ASOS 운량 지수와 기상위성영상 간 비교(서울)

운량	기상 위성영상	운량	기상 위성영상
0		1	

운량	기상 위성영상	운량	기상 위성영상
2		3	
4		5	
6		7	

운량	기상 위성영상	운량	기상 위성영상
8		9	
10			

자료: 저자작성

□ 남·북한 ASOS 데이터를 이용하여 각 지점별로 월별 평균을 산출한 운량 지수는 <표 3-6>과 같음

- 운량 지수를 분석해 보면 국토관측위성을 촬영하기에 가장 좋은 상위 30% 시기는 1월, 2월, 12월로 각 운량 지수가 3.9, 4.6, 4.6으로 나타남.
- 반면 국토관측위성을 촬영하기에 가장 안 좋은 시기는 7월, 8월, 9월로 운량 지수가 7.0, 6.1, 6.2로 나타남.
- 해당 시기는 장마전선이 형성되는 시기로 국토관측위성 촬영 시 효율이 극히 낮을 것으로 예상하므로 각 지점별로 운량 지수를 파악하여 그나마 좋은 지점의 영상을 획득하도록 시뮬레이션 해야할 것으로 판단

<표 3-6> 월평균 운량 지수

연번	지점 번호	지점명	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1	3	선봉	3.2	3.7	4.7	6.0	6.5	8.4	8.2	7.9	5.3	4.4	4.5	3.6
2	5	삼지연	3.5	4.2	4.8	6.0	6.0	7.2	7.2	7.3	5.5	4.7	5.0	4.5
3	8	청진	3.4	3.5	3.8	5.1	5.9	7.8	7.5	7.4	5.0	4.0	4.7	3.8
4	14	중간	3.5	4.4	4.6	5.7	5.6	7.2	7.2	7.6	6.1	4.9	5.7	5.1
5	16	혜산	3.1	3.8	4.0	5.0	5.2	6.8	6.9	7.0	5.3	4.3	5.1	4.5
6	20	강계	3.2	3.9	4.2	5.3	4.9	6.4	6.9	6.7	5.2	4.5	5.0	4.5
7	22	풍산	2.7	3.7	4.5	5.6	5.6	7.3	7.4	7.6	5.8	4.5	4.1	2.9
8	25	김책	3.6	4.0	4.2	5.4	5.6	7.7	7.6	7.3	5.7	4.4	5.0	3.7
9	28	수풍	2.7	3.1	3.5	4.4	4.3	6.1	7.0	6.3	5.1	4.3	4.8	4.2
10	31	장진	2.7	3.6	3.9	5.5	5.2	7.3	7.6	7.9	6.8	5.5	5.1	4.0
11	35	신의주	3.1	3.6	4.6	5.9	5.7	7.5	8.3	7.0	5.7	5.4	5.4	4.1
12	37	구성	2.3	3.0	3.6	4.2	4.1	5.8	6.8	6.0	4.3	3.6	4.5	3.8
13	39	희천	3.4	4.2	5.2	6.3	6.0	7.6	8.2	7.4	5.8	5.1	5.5	4.9
14	41	함흥	2.6	3.2	3.8	4.7	4.9	6.9	7.0	7.0	5.3	4.3	4.2	2.8
15	46	신포	5.9	6.6	7.4	7.8	8.1	9.2	9.3	9.1	7.9	7.3	7.4	6.1
16	50	안주	2.8	3.2	3.7	4.5	4.0	5.6	6.8	5.9	4.2	3.8	4.8	3.9
17	52	양덕	3.3	3.5	4.0	4.6	4.5	5.8	7.3	6.4	5.2	4.5	5.0	4.7
18	55	원산	2.6	3.1	3.5	4.3	4.5	6.4	6.7	6.7	5.5	4.5	4.3	3.2
19	58	평양	4.3	4.5	5.1	6.3	5.7	7.3	8.1	7.1	6.2	5.2	5.6	4.8
20	60	남포	4.1	3.9	4.2	5.4	5.0	6.4	7.4	6.2	5.7	4.9	5.4	4.6
21	61	장전	3.2	4.0	4.7	5.3	5.2	6.8	7.5	7.5	6.2	5.1	4.9	3.7
22	65	사리원	4.9	5.1	5.5	6.0	5.5	6.9	8.0	6.9	6.0	5.5	5.8	5.2
23	67	신계	3.7	3.8	4.6	5.1	4.8	6.1	7.9	6.6	5.2	4.1	5.1	4.5
24	68	용연	5.4	5.2	5.6	6.3	6.0	7.2	8.3	6.9	6.5	5.5	6.4	6.2
25	69	해주	4.4	4.3	5.1	5.6	5.3	6.8	8.2	6.3	6.0	4.7	5.2	4.7
26	70	개성	3.5	3.8	4.7	5.2	4.9	6.2	7.6	6.2	5.7	4.3	4.9	4.2

연번	지점 번호	지점명	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
27	75	평강	3.5	3.7	4.4	5.0	4.7	5.8	7.5	6.3	5.4	4.3	4.8	4.4
28	90	속초	3.5	4.1	3.5	5.3	4.0	6.2	6.4	5.7	6.1	4.5	4.3	3.7
29	93	북춘천	3.5	3.8	4.7	4.9	4.5	5.4	6.7	6.5	5.7	5.1	4.7	4.7
30	95	철원	4.0	4.6	3.9	5.1	4.2	5.8	6.8	5.9	5.9	4.5	4.4	4.1
31	98	동두천	3.6	4.3	3.9	5.0	4.4	5.6	6.5	5.6	5.8	4.2	4.4	4.0
32	99	파주	3.6	4.5	4.1	5.0	4.3	5.5	6.5	5.4	5.7	4.2	4.2	3.9
33	100	대관령	3.8	4.6	4.0	5.4	4.2	6.1	6.9	6.5	6.8	5.1	4.5	3.9
34	101	춘천	3.7	4.2	3.5	4.9	4.4	5.5	7.3	5.4	5.2	3.6	7.0	4.6
35	102	백령도	5.4	4.7	4.3	4.8	4.7	6.1	7.2	5.3	4.7	4.6	5.8	6.2
36	104	북강릉	3.2	3.6	4.1	5.0	4.6	5.9	6.7	6.4	6.0	5.0	4.6	3.6
37	105	강릉	3.2	4.4	4.6	5.2	4.5	5.6	6.6	6.1	6.5	4.7	4.3	3.7
38	106	동해	3.9	4.4	3.9	5.3	4.1	6.2	6.6	6.1	6.7	4.6	4.4	3.7
39	108	서울	3.7	3.9	4.0	4.8	4.4	5.4	6.9	5.8	5.1	4.1	4.7	4.2
40	112	인천	3.8	3.9	4.2	4.9	4.5	5.6	6.8	5.8	5.2	4.3	4.8	4.3
41	114	원주	3.7	4.6	4.1	5.4	4.2	5.6	6.8	6.2	6.4	5.0	4.4	4.5
42	115	울릉도	7.1	6.6	5.0	5.0	4.8	6.2	6.5	6.2	6.6	5.8	6.5	7.1
43	119	수원	3.8	4.0	4.1	4.8	4.3	5.4	6.7	5.6	5.2	4.2	4.6	4.2
44	121	영월	3.5	4.6	4.3	5.6	4.2	5.8	7.1	6.4	6.7	5.6	4.6	4.1
45	127	충주	3.9	4.9	3.9	5.6	4.0	5.9	7.0	6.0	6.4	5.1	4.4	4.4
46	129	서산	4.7	4.6	3.9	5.0	4.1	5.5	7.1	5.4	5.1	4.6	5.3	5.1
47	130	울진	3.6	4.6	4.1	5.7	4.4	6.2	6.7	6.1	6.9	4.6	4.4	3.9
48	131	청주	4.5	4.4	4.1	5.0	4.4	5.6	6.9	5.9	5.5	4.5	4.7	4.7
49	133	대전	4.4	4.5	4.1	5.0	4.4	5.6	6.6	5.6	5.4	4.5	4.8	4.7
50	135	추풍령	3.9	5.1	4.2	5.9	4.0	6.2	7.1	6.1	6.5	4.9	4.4	4.2
51	136	안동	3.5	3.9	4.2	5.1	4.4	5.8	6.6	5.8	6.3	5.2	5.0	4.1
52	137	상주	3.8	4.6	3.9	5.7	3.6	6.0	6.8	6.1	6.5	4.8	4.4	4.0
53	138	포항	3.2	3.8	4.3	5.1	4.6	6.1	6.4	5.5	6.6	4.8	4.4	3.6

연번	지점 번호	지점명	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
54	140	군산	4.4	5.4	4.5	5.6	4.4	5.8	6.7	5.7	6.0	4.6	4.5	5.2
55	143	대구	3.4	3.8	4.2	5.1	4.6	6.0	6.6	5.6	6.2	4.7	4.3	3.9
56	146	전주	4.7	4.8	4.3	5.1	4.5	5.9	6.7	5.7	5.5	4.7	4.7	5.1
57	152	울산	3.2	3.8	4.2	5.1	4.7	6.2	6.4	5.3	6.6	4.8	4.3	3.6
58	155	창원	3.4	3.8	4.2	5.2	4.9	6.3	6.5	5.4	6.3	4.4	4.1	3.6
59	156	광주	4.8	5.0	4.5	5.3	4.9	6.4	6.7	5.7	5.9	4.7	4.7	5.3
60	159	부산	3.2	3.9	4.2	5.2	4.9	6.3	6.3	5.3	6.4	4.6	4.1	3.4
61	162	통영	3.5	4.8	4.2	5.7	4.5	6.6	7.0	5.7	6.8	4.4	4.0	4.4
62	165	목포	5.7	5.5	4.8	5.5	5.0	6.3	6.4	5.3	5.7	4.9	5.2	6.0
63	168	여수	3.7	4.0	4.1	5.3	4.7	6.2	6.1	4.7	5.9	4.3	4.1	3.8
64	169	흑산도	6.7	5.8	4.8	5.8	5.4	6.7	7.4	5.2	5.5	5.1	5.8	7.0
65	170	완도	4.8	6.0	4.9	6.1	4.7	6.6	7.3	5.9	6.7	4.6	4.4	5.6
66	172	고창	5.1	6.0	4.7	5.9	4.3	6.2	7.0	5.9	6.3	4.8	4.8	6.2
67	174	순천	4.2	5.3	4.4	5.8	4.7	6.7	7.3	6.1	6.7	4.9	4.5	4.7
68	175	진도	5.5	6.3	5.0	6.0	4.7	6.4	7.0	5.7	6.5	4.6	4.6	6.4
69	176	대구	3.4	3.8	4.2	5.1	4.6	6.0	6.6	5.6	6.2	4.7	4.3	3.9
70	177	홍성	4.5	5.0	5.0	5.2	4.9	5.8	5.9	5.7	6.1	4.4	4.4	5.2
71	184	제주	7.1	6.3	5.3	5.6	5.6	6.9	6.0	5.3	6.8	5.7	6.0	7.3
72	185	고산	6.5	6.8	5.5	5.8	5.5	6.7	6.9	5.6	6.4	4.8	4.8	7.5
73	188	성산	5.7	6.4	5.4	6.2	5.9	6.3	7.3	5.7	6.8	5.0	5.1	7.2
74	189	서귀포	5.0	6.2	5.4	6.0	5.9	6.2	6.8	5.8	6.6	4.3	4.5	6.5
75	192	진주	3.5	4.6	4.2	5.7	4.4	6.4	7.3	6.0	6.8	4.4	4.0	4.2
76	201	강화	3.7	5.1	5.0	5.0	3.9	5.5	6.3	5.1	5.7	3.9	4.4	4.3
77	202	양평	3.2	4.7	4.8	4.9	3.7	5.4	6.8	5.8	6.2	4.9	4.5	4.3
78	203	이천	3.7	4.4	3.9	5.1	4.1	5.3	6.9	5.7	6.1	4.9	4.4	4.2
79	211	인제	3.1	4.5	5.1	5.3	4.0	5.8	7.0	6.3	6.4	5.6	4.8	4.2
80	212	홍천	2.9	4.6	4.9	5.3	3.8	5.2	6.8	6.0	6.2	5.5	4.8	4.2

연번	지점 번호	지점명	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
81	216	태백	3.3	4.8	4.8	5.1	4.1	5.8	7.2	6.6	7.2	5.3	4.3	3.9
82	217	정선군	3.2	4.9	5.0	5.2	4.1	5.9	7.4	6.6	7.0	5.7	4.8	4.0
83	221	제천	3.0	5.1	5.0	5.3	4.0	5.8	6.9	6.2	6.5	5.2	4.4	4.1
84	226	보은	3.7	5.6	5.2	5.4	4.0	5.5	6.9	6.1	6.3	5.1	4.6	4.2
85	232	천안	4.2	5.0	4.1	5.6	4.1	5.9	6.9	5.8	6.0	4.5	4.3	4.3
86	235	보령	4.6	5.8	4.5	5.6	4.3	6.1	6.8	5.5	6.0	4.5	4.5	5.7
87	236	부여	3.8	5.4	5.2	5.3	4.1	5.3	6.5	5.7	5.9	4.6	4.5	4.7
88	238	금산	3.5	5.6	5.1	5.5	4.3	5.6	6.6	5.9	6.3	5.2	4.7	4.5
89	243	부안	5.1	6.5	6.1	5.7	4.4	5.4	6.6	5.8	6.2	4.9	4.9	6.1
90	244	임실	4.0	5.8	5.3	5.4	4.6	5.7	7.0	6.1	6.5	5.1	4.5	4.9
91	245	정읍	4.7	5.7	4.7	5.6	4.2	6.1	7.1	6.0	6.1	4.9	4.5	5.5
92	247	남원	4.4	5.5	4.6	5.8	4.5	6.6	7.3	6.3	6.6	5.0	4.7	5.0
93	248	장수	3.9	5.8	5.2	5.5	4.5	5.8	7.0	6.3	6.7	5.4	4.8	4.8
94	251	고창군	4.4	6.3	5.3	5.7	4.4	5.7	6.9	6.0	6.2	4.7	4.6	5.7
95	252	영광군	5.9	6.7	5.3	5.8	4.7	5.7	6.8	5.8	6.4	4.9	4.9	6.7
96	253	김해시	3.3	5.3	4.8	5.0	4.7	5.9	7.2	6.0	7.0	4.4	3.9	4.1
97	254	순창군	4.2	6.2	5.2	5.4	4.5	5.6	6.9	6.1	6.5	5.1	4.6	5.0
98	255	북창원	3.4	5.4	4.7	5.2	4.7	5.8	7.3	5.9	6.9	4.5	4.1	4.2
99	257	양산시	3.4	5.5	4.7	5.0	4.5	5.9	7.4	6.0	7.1	4.6	3.8	4.1
100	258	보성군	3.8	5.9	4.8	5.3	4.7	6.1	7.2	6.0	6.6	4.6	4.2	4.7
101	259	강진군	4.4	6.2	5.1	5.5	4.9	6.0	7.1	6.0	6.7	4.5	4.3	5.3
102	260	장흥	4.1	6.3	5.1	5.5	4.8	6.1	7.1	6.1	6.6	4.6	4.2	5.0
103	261	해남	5.1	6.6	5.6	5.7	4.9	5.8	6.9	6.0	6.6	4.8	4.8	6.0
104	262	고흥	3.9	6.2	4.8	5.2	4.8	6.1	7.0	6.0	6.7	4.3	4.1	4.8
105	263	의령군	3.4	5.4	4.6	5.1	4.7	5.8	7.1	6.0	6.8	4.4	4.3	4.1
106	264	함양군	3.9	5.6	4.8	5.4	4.6	5.6	7.4	6.2	6.9	4.8	4.6	4.9
107	266	광양시	3.5	5.7	4.7	5.3	4.8	6.0	7.0	6.2	6.7	4.6	4.0	4.3

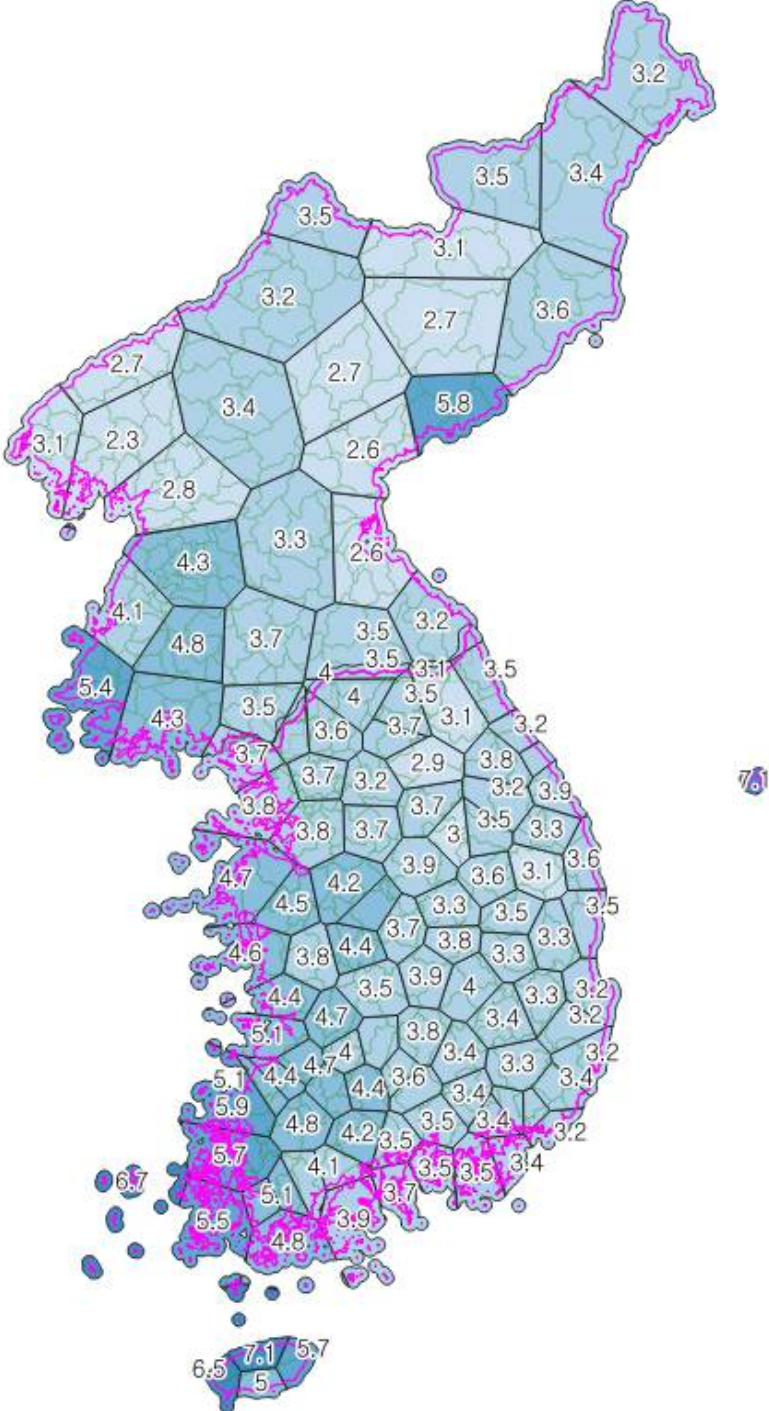
연번	지점 번호	지점명	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
108	268	진도군	5.5	6.3	5.0	6.0	4.7	6.4	7.0	5.7	6.5	4.6	4.6	6.4
109	271	봉화	3.1	5.2	5.0	5.2	4.2	5.8	7.2	6.5	7.0	5.1	4.5	4.0
110	272	영주	3.6	5.4	5.1	5.4	4.0	5.8	6.8	6.4	6.7	5.2	4.5	4.3
111	273	문경	3.3	5.3	4.7	5.3	3.8	5.4	6.8	6.1	6.6	4.7	4.5	4.0
112	276	청송군	3.3	5.5	5.1	5.3	4.2	5.5	7.0	6.1	7.0	5.4	4.8	4.0
113	277	영덕	3.5	5.2	4.7	5.3	4.4	5.8	6.6	5.8	7.1	4.6	4.3	4.2
114	278	의성	3.3	5.1	4.7	5.5	4.1	5.5	6.5	6.1	6.7	5.0	4.6	4.0
115	279	구미	4.0	4.6	4.3	5.9	3.9	6.1	6.9	6.1	6.6	4.8	4.5	4.2
116	281	영천	3.3	5.5	5.0	5.3	4.1	5.7	6.9	6.1	6.9	4.6	4.2	4.1
117	283	경주시	3.2	5.5	4.6	5.3	4.2	5.8	7.1	6.0	7.2	4.9	4.0	4.1
118	284	거창	3.8	5.1	4.5	6.1	4.3	6.5	7.3	6.2	6.9	4.8	4.3	4.6
119	285	합천	3.4	5.4	4.7	5.1	4.5	5.7	7.1	6.1	6.9	4.4	4.3	4.2
120	288	밀양	3.3	5.1	4.8	5.2	4.4	5.9	7.2	6.1	7.0	4.5	4.0	4.1
121	289	산청	3.6	5.5	4.7	5.2	4.7	5.7	7.3	6.2	6.9	4.6	4.3	4.6
122	294	거제	3.4	5.5	4.6	5.2	4.5	5.9	6.8	5.8	6.8	4.5	3.9	4.3
123	295	남해	3.5	5.5	4.7	5.3	4.7	6.1	6.8	5.8	6.9	4.6	4.1	4.4
평균			3.9	4.9	4.6	5.4	4.7	6.1	7.0	6.1	6.2	4.8	4.7	4.6

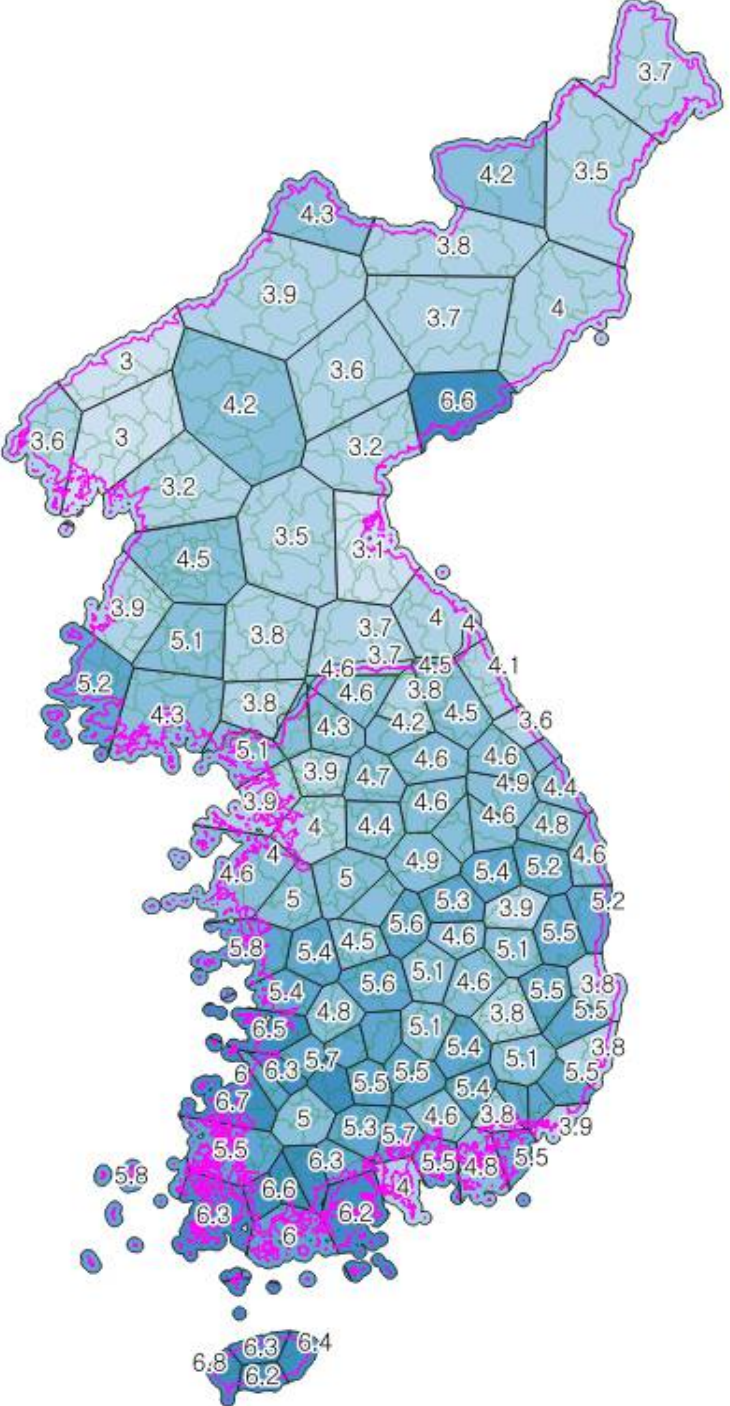
(3) 월별 운량 지수와 티센망 결합

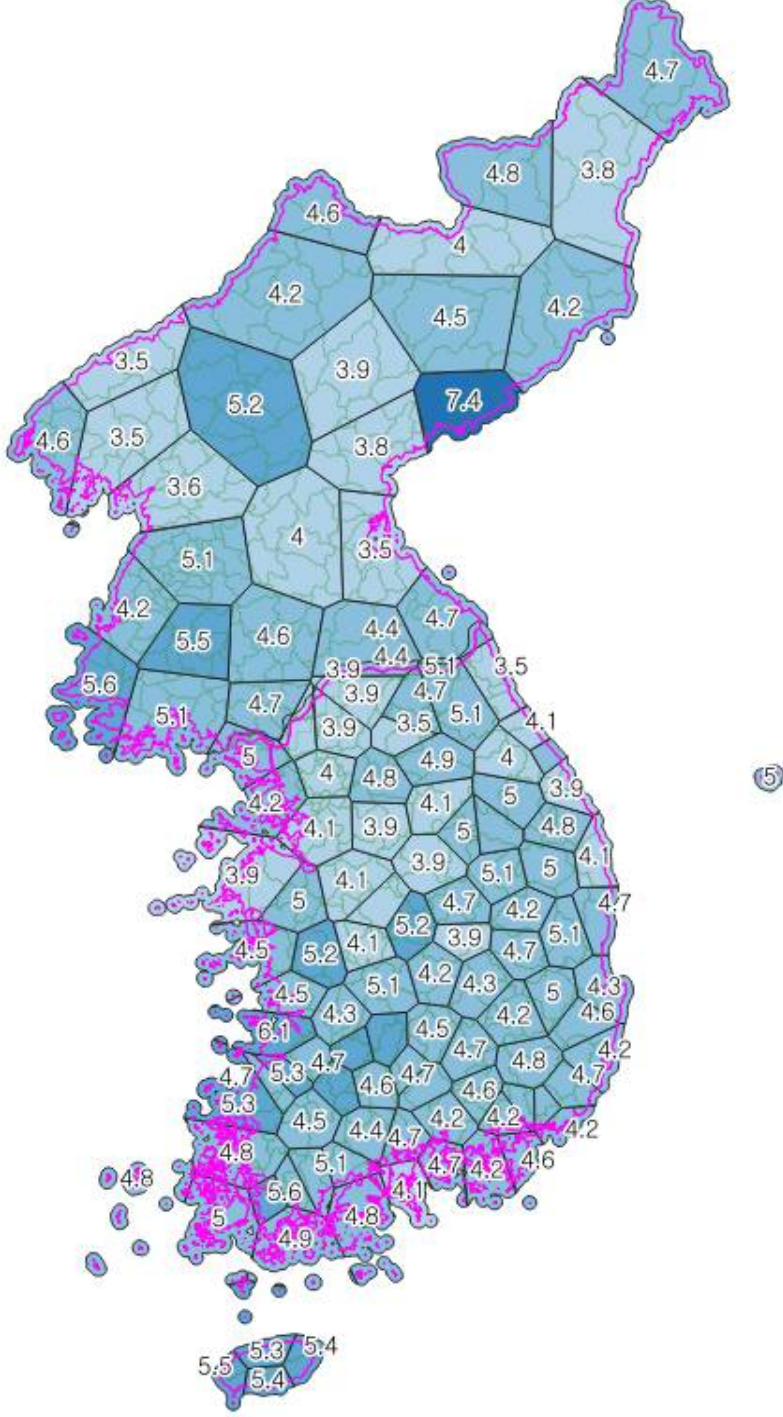
□ 각 지점별로 계산된 월별 운량 지수와 각 지점 좌표를 이용하여 작성한 티센망을 결합하여 운량의 영향에 따른 국토관측위성의 촬영 효율성 산출에 활용

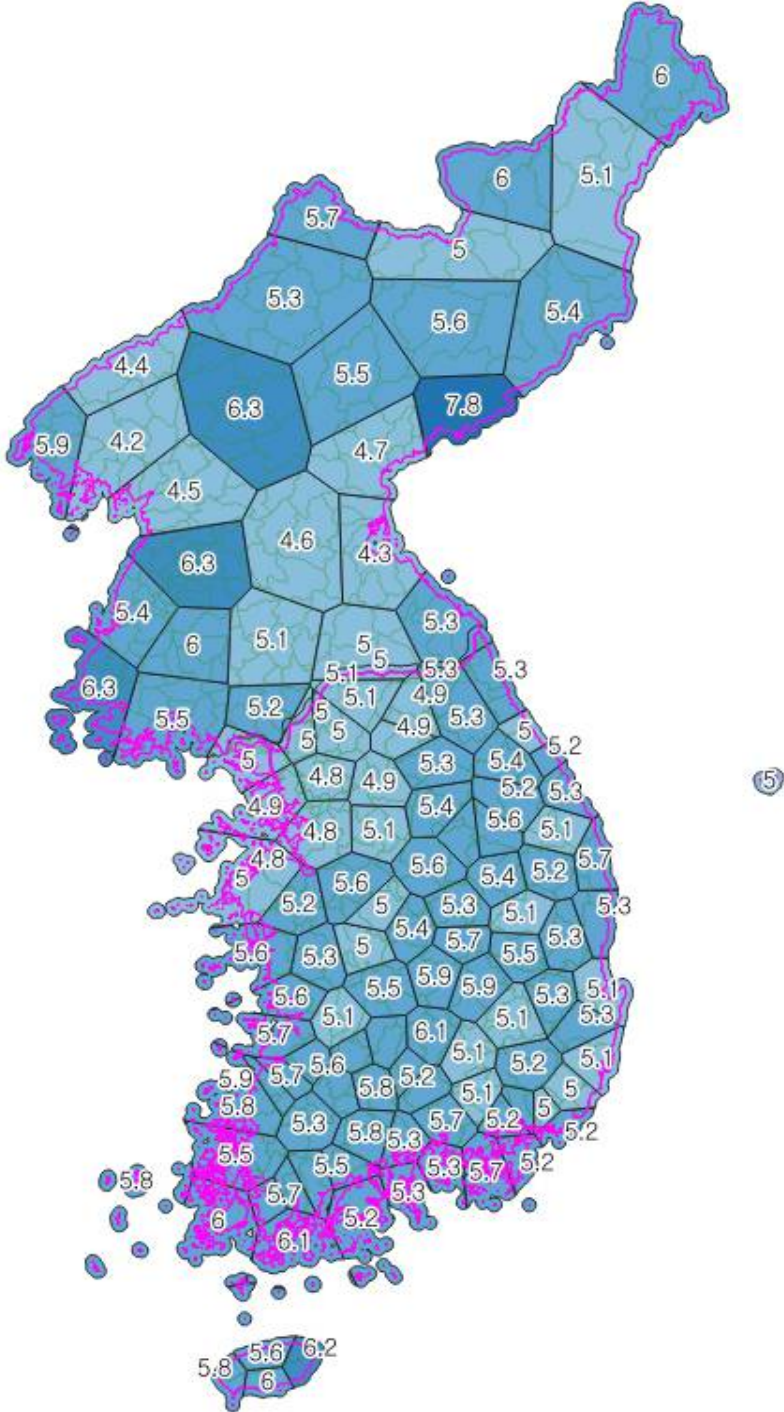
- 두 자료의 결합(join)은 GIS 소프트웨어를 활용하여 공간 결합을 수행
- 수행한 결과 값을 시각적으로 표출하기 위해 0 ~ 10단계의 분류 값을 정하고, 각 지수값에 해당하는 색상을 동일하게 표현
- 각 지점별 티센망과 운량 지수를 결합한 지도는 <표 3-7>과 같음
- 결합된 월별 운량 지수와 티센망은 향후 국토관측위성 궤도 정보와 조합하여 사용

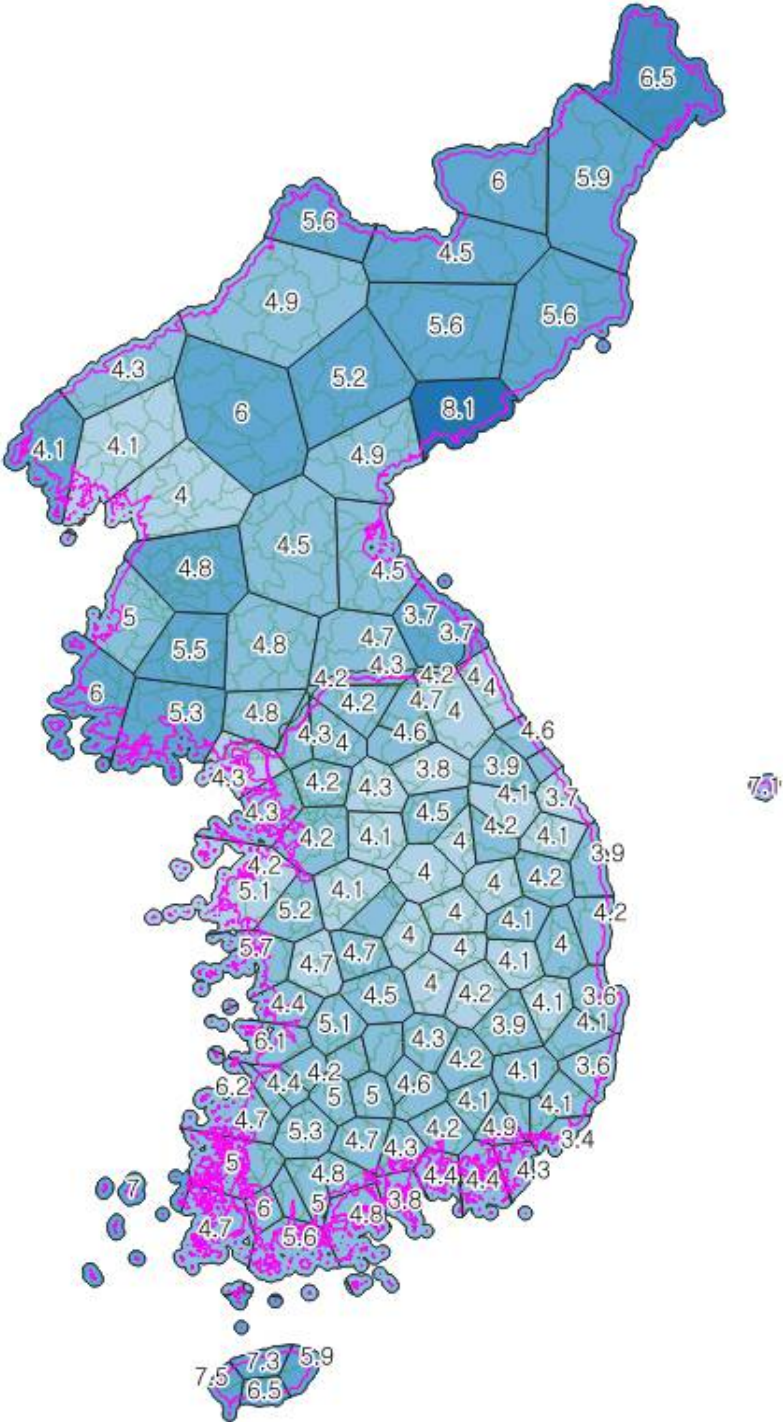
<표 3-7> 한반도 월별 운량 지수 지도

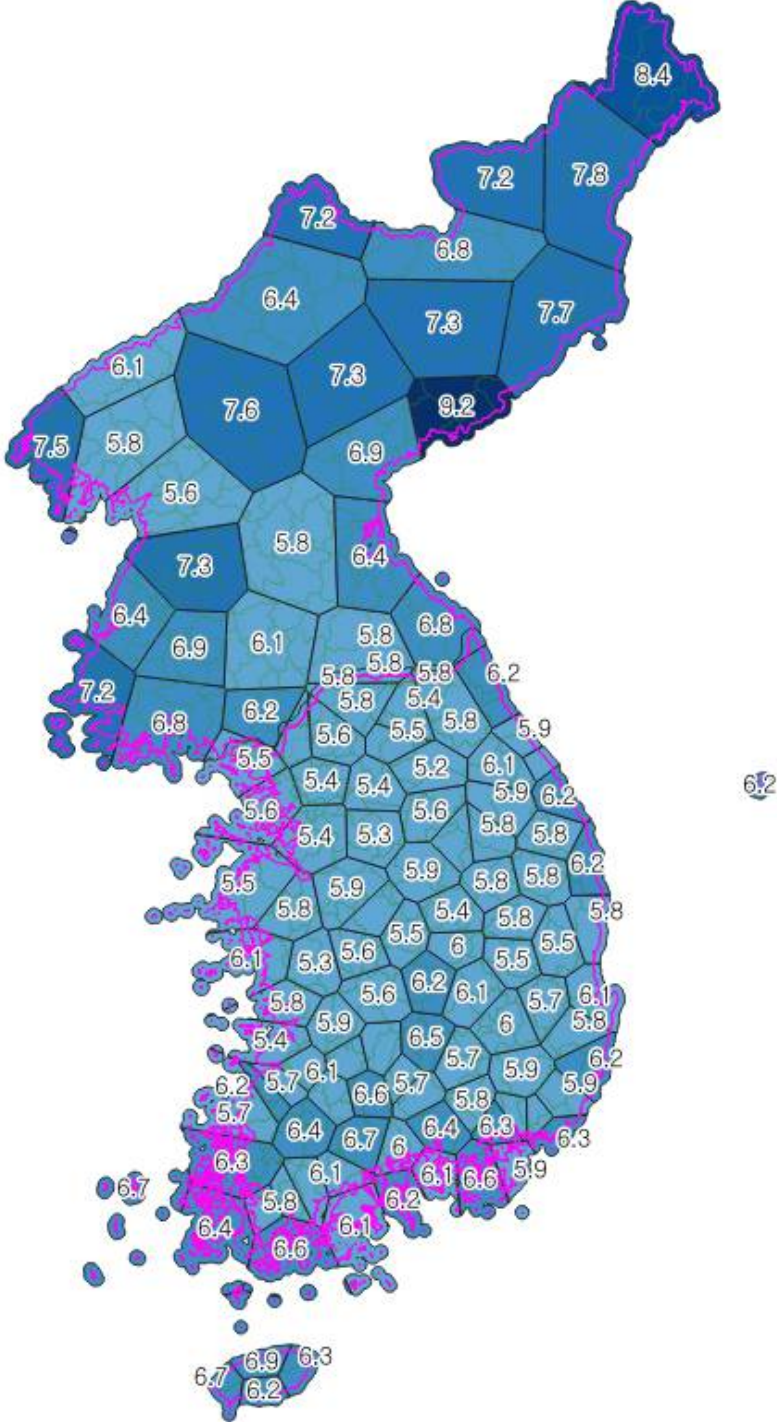
월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p><1월 운량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> · 남한의 서해안 지역에 운량 지수가 높다. · 충청남도, 전라도 서부권역 및 제주도를 제외하고 영상촬영이 적합하다. · 북한은 황해남도 일대와 남포시 일대가 운량 지수가 높다

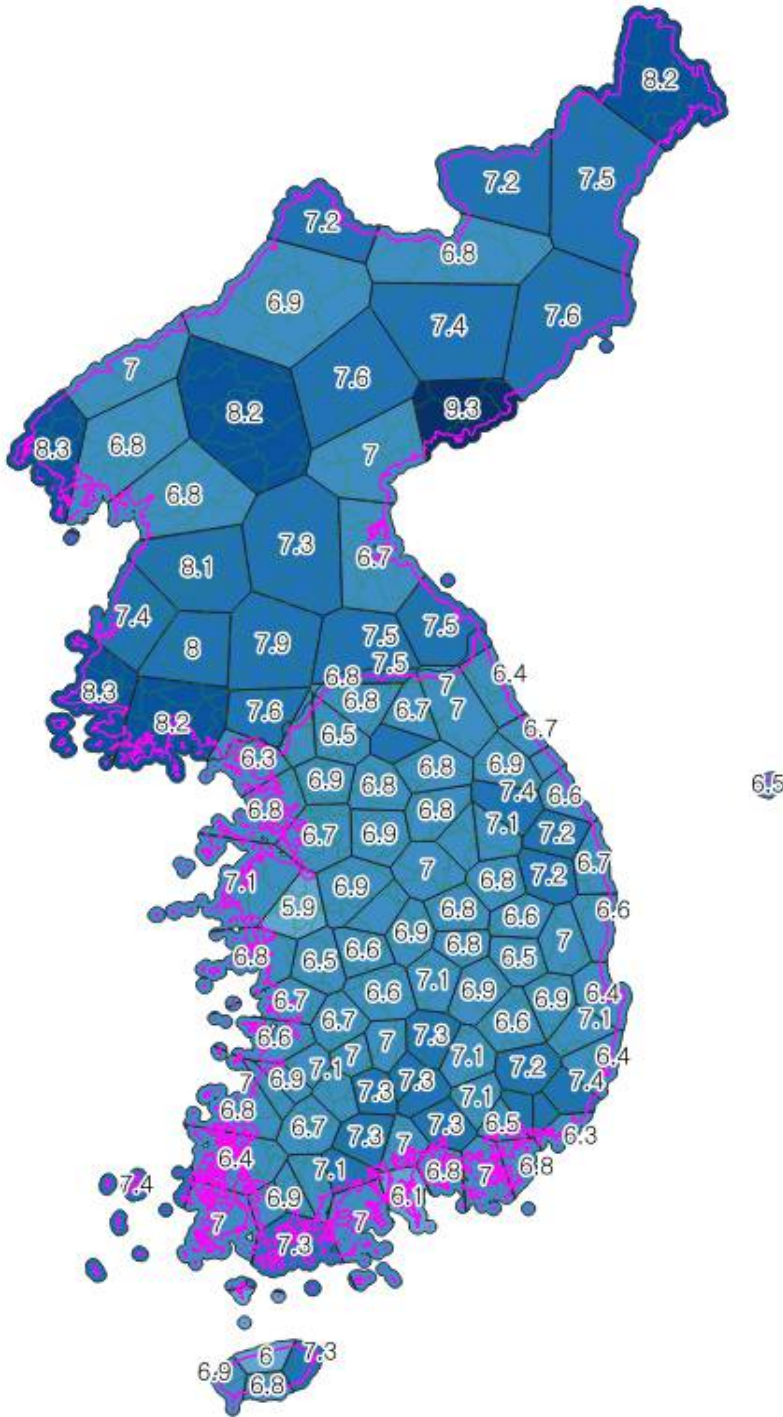
월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="548 1878 799 1914"><2월 윤량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> · 남한의 남해안 및 서해안 지역에 윤량 지수가 높다. · 경기권역은 촬영에 적합한 윤량 지수 · 북한은 남한에 비하여 촬영에 적합한 윤량지수이나 남포시 일대는 윤량 지수가 높다.

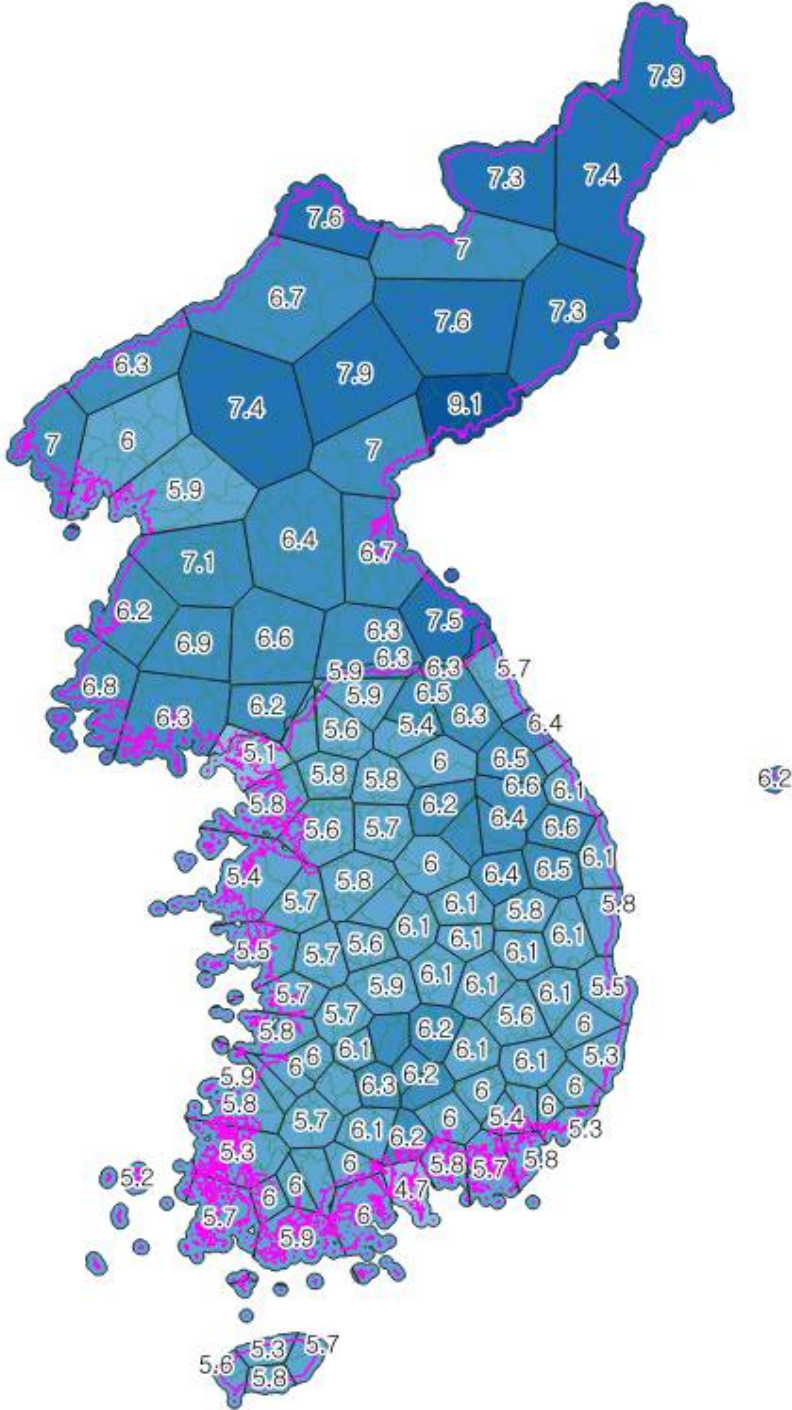
월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="548 1878 799 1912"><3월 윤량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> · 한반도 전체적으로 2월에 비하여 윤량지수는 다소 낮은 편이다. · 제주도의 경우 다른 월에 비하여 윤량 지수가 낮은 것을 나타냈다. · 경기, 충청권역에서 윤량 지수가 낮게 나타났다. · 남한의 남서해안 지역의 윤량지수가 다른 월평균 지수보다 가장 낮다.

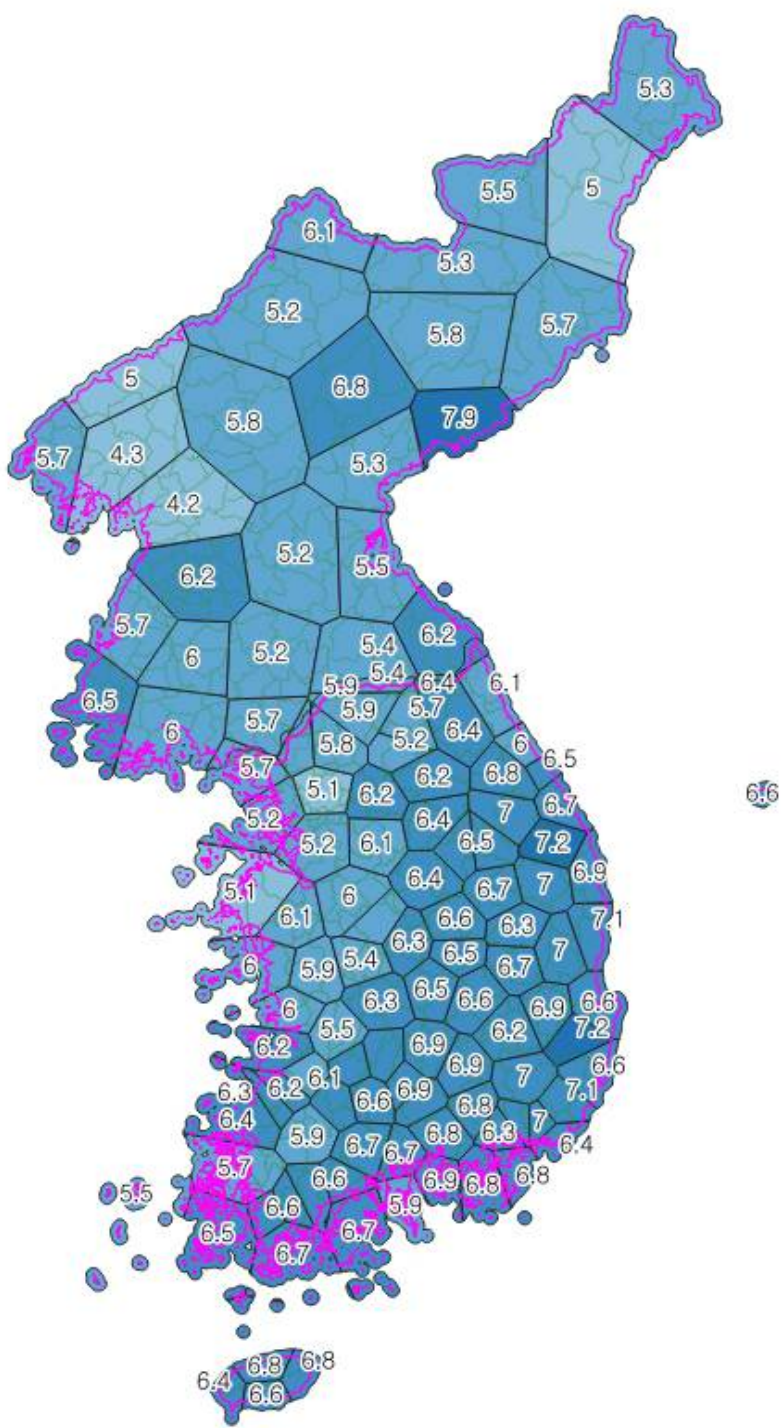
월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="548 1878 800 1912"><4월 운량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> · 대부분의 지역에서 운량 지수가 5이상으로 나타났다. · 황해북도, 평안남도 지역의 운량지수가 평균보다 낮을 것으로 나타났다. · 남한은 인천, 경기 지역의 운량 지수가 평균보다 낮게 나타났다.

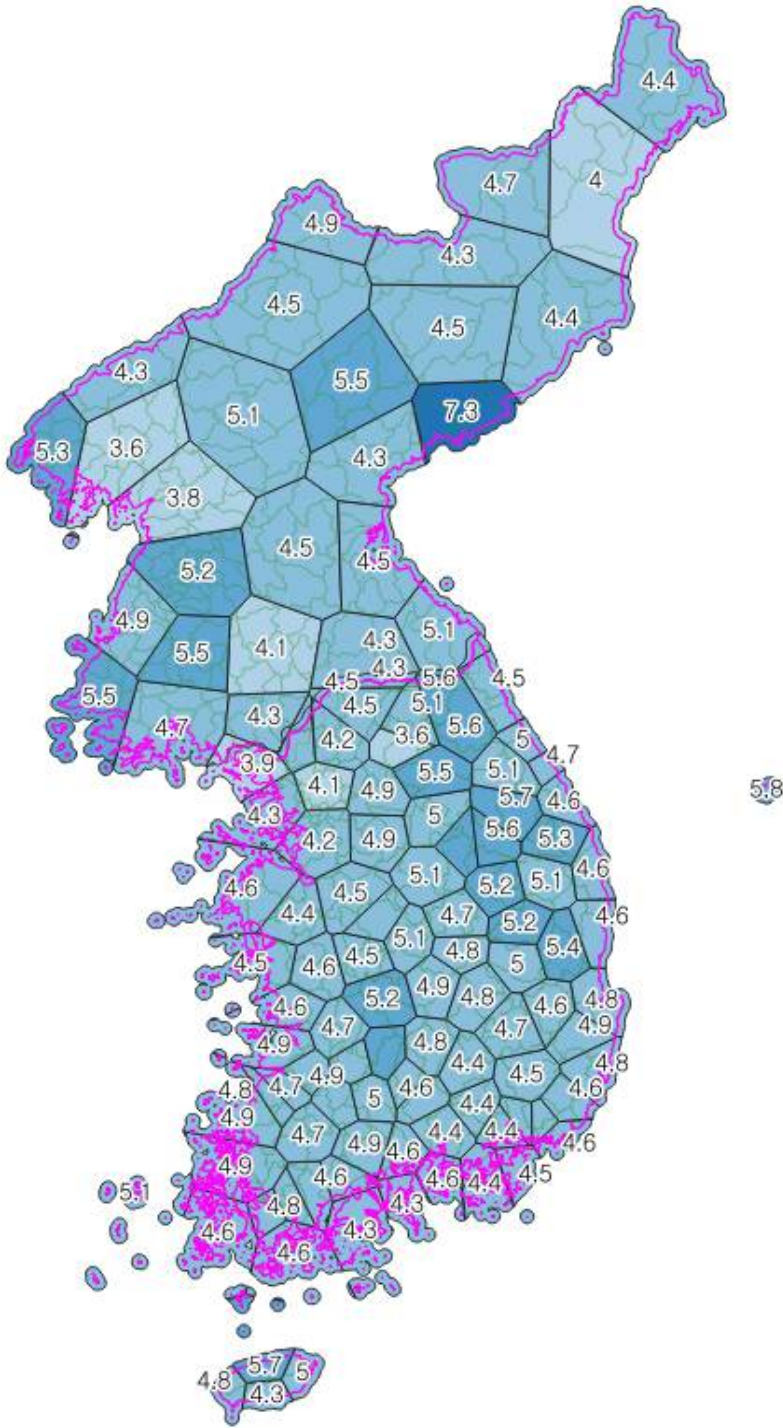
월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="548 1878 799 1914"><5월 운량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> · 남한 내륙지역의 운량지수가 낮게 나타났다. · 북한은 황해도와 평안남도에서 운량지수가 낮게 나타났다.

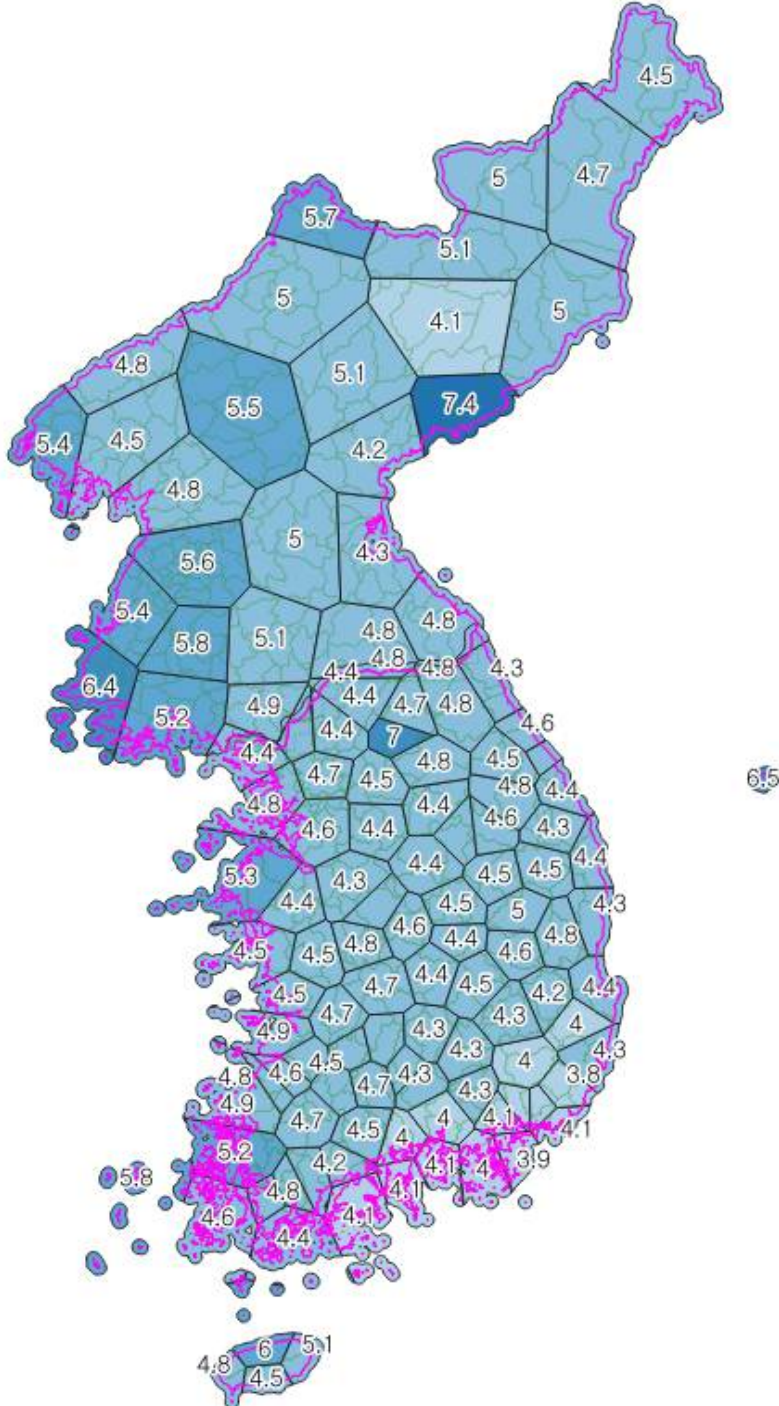
월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="548 1878 799 1914"><6월 운량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> 장마의 영향으로 한반도 전체의 운량 지수가 높다.

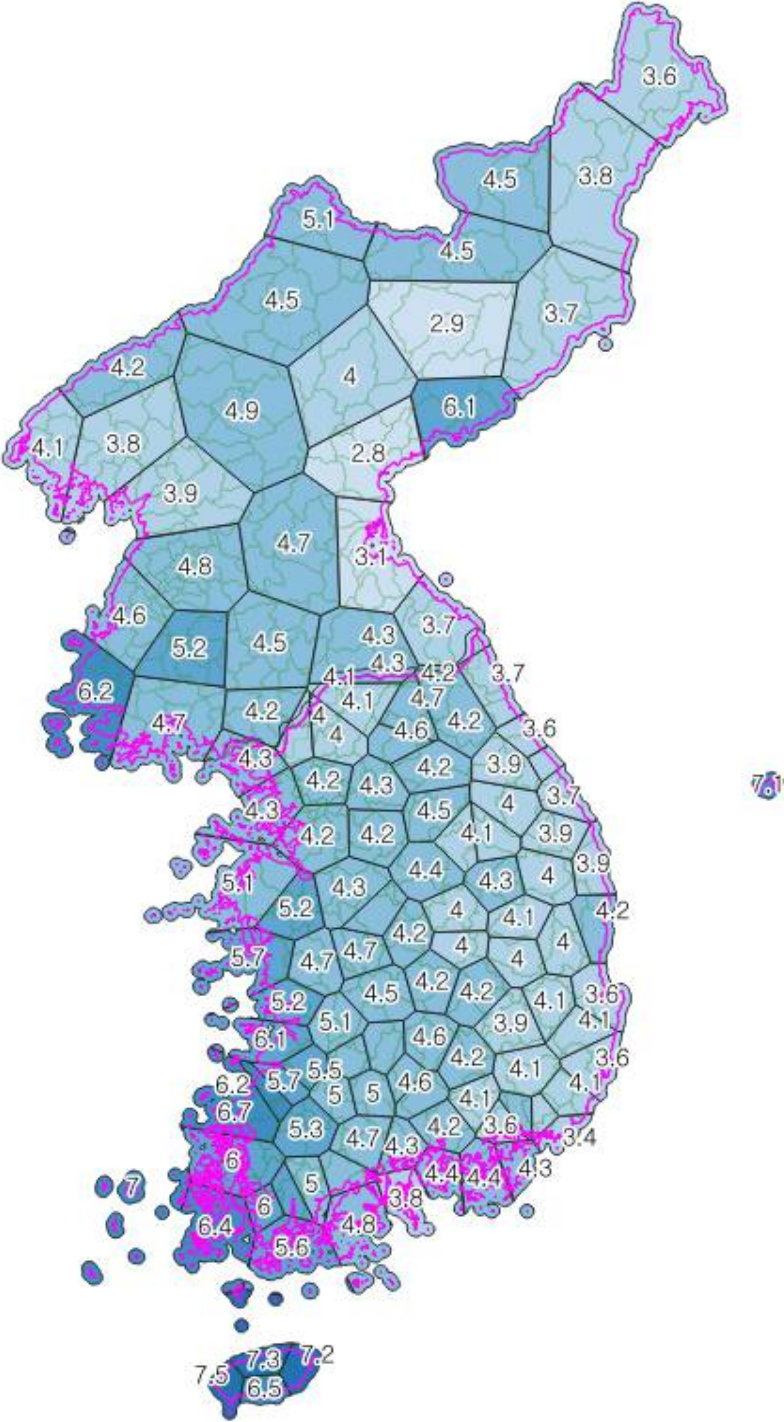
월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="548 1878 799 1914"><7월 운량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> 장마의 영향으로 한반도 전체의 운량 지수가 높다.

월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="548 1878 800 1914"><8월 운량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> · 남한의 남해안 지역의 운량지수가 낮게 나타났다. · 제주도의 운량지수가 다른 지역에 비하여 낮은 시기로 나타났다.

월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="535 1871 795 1914"><9월 운량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> · 대체로 운량 지수가 높으나 서해안 지역이 동해안 지역에 비하여 운량 지수가 낮은 것으로 나타났다.

월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="544 1871 812 1914"><10월 운량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> 강원권역이 다른 지역에 비하여 운량 지수가 높은 것으로 나타났다. 제주도의 운량 지수가 월평균 가장 낮은 시기로 나타났다.

월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="532 1878 799 1914"><11월 운량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> · 남한에 비하여 북한지역의 운량 지수가 높게 나타났다. · 남한의 남동권의 운량지수가 가장 낮은 것으로 나타났다.

월별 한반도 티센망	간략 분석 내용
 <p data-bbox="532 1878 799 1912"><12월 윤량 지수 지도></p>	<ul style="list-style-type: none"> · 제주도, 서해안 지역을 제외하고 윤량 지수가 낮다. · 제주도의 윤량 지수는 다른 달에 비해 가장 높다.

자료: 저자작성

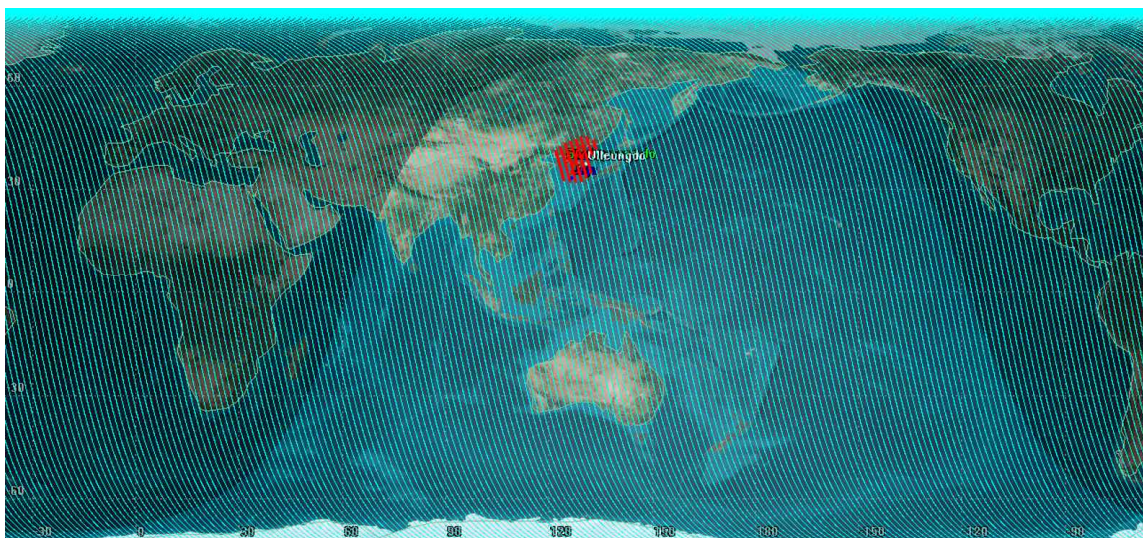
다. 운영 시뮬레이션 도출

1) 국토관측위성 한반도 궤도 분석

□ 국토관측위성 궤도 분석을 위해서 공개된 국토관측위성 정보와 본 연구에서 산출된 국토관측위성의 매개변수를 이용하여 AGI(Analytical Graphics Incorporated)사의 STK(Satellite Tool Kit) 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 국토관측위성의 궤도를 분석

- 위성 궤도는 현재 국토관측위성의 정확한 운영 시기가 확정되지 않은 관계로 인하여 궤도 분석은 2021년 1월 1일부터 2021년 12월 31일까지 1년 기간의 궤도를 분석
- 국토관측위성은 태양동기궤도 위성으로 반복 궤도의 특성으로 1년 단위의 궤도를 분석하게 되면 국토관측위성이 운영되는 시기에 궤도 시뮬레이션에 적용할 수 있으므로 2021년 1월 1일부터 1년간의 기간을 설정
- 국토관측위성 2호는 1호 위성의 180도 반대 방향에서 운영하는 것으로 현재 계획됨
- 따라서 위성영상 촬영 시간에 다소 차이가 있을 뿐 위성 운영 궤도는 1호 위성과 거의 똑같으므로 위성궤도는 같게 나타남
- 국토관측위성은 낮 시간 상승 시기(ascending)에 한반도를 지나감

<그림 3-9> 국토위성 1호기의 2021년 1월 1일부터 1월 31일까지 전체 궤도



자료: 저자작성

□ 한반도를 촬영할 수 있는 궤도는 8개인 것으로 파악

- 국토관측위성이 한반도 궤도를 지나갈 때 위성의 자세 제어를 통해 촬영할 수 있는 범위를 30도로 산정하였을 때 각 궤도에서 촬영할 수 있는 거리는 앞 써 기술한 바와 같이 287.4km로 한반도 중심궤도를 지나갈 때 4개 궤도에 걸친 지역을 촬영할 수 있는 것으로 파악
- <그림 3-10>에서 적색으로 표시된 부분이 국토관측위성이 한반도를 지나갈 때 한반도 촬영이 가능한 궤도를 표현
- 위성의 동심원은 국토관측위성 자세에 따라 30도 범위를 설정하였을 경우 촬영이 가능한 범위를 표현

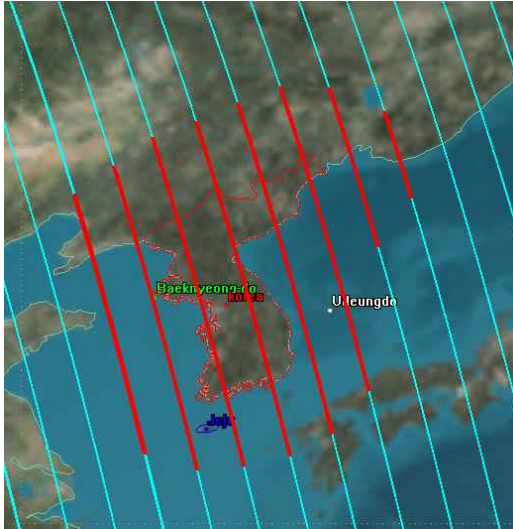
□ 2021년 1월 1일부터 1월 31일까지 8개의 궤도에서 열일곱 번 한반도를 지나가는 것으로 나타남

- 경기도 수원 지역을 예로 하면 촬영 각 30도에서 4번의 촬영기회를 획득
- 이는 동일지역을 3~4일 간격을 취득할 수 있다는 것을 의미
- 국토관측위성 2호를 동시에 운영할 경우 촬영궤도에 따른 촬영기회는 2배 증가

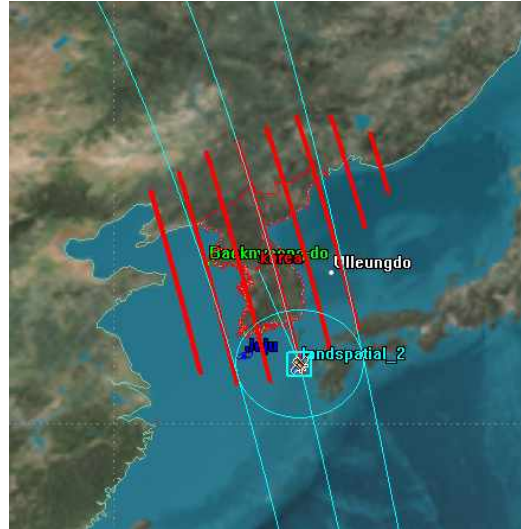
□ 2021년 1월 1일부터 12월 31일까지 국토관측위성 1호의 전체 궤도를 분석하면 <표 3-8>과 같이 237회의 촬영이 가능

- 촬영날짜와 시간은 UTC에서 우리나라 표준시로 변환
- 촬영 지속 가능 시간은 국토관측위성이 각 궤도에서 한반도를 촬영할 수 있는 시간을 의미하며 <그림 3-12>와 같이 1번과 8번 궤도는 한반도에서 궤도가 멀기 때문에 다른 궤도에 비하여 촬영 지속 시간이 적음.

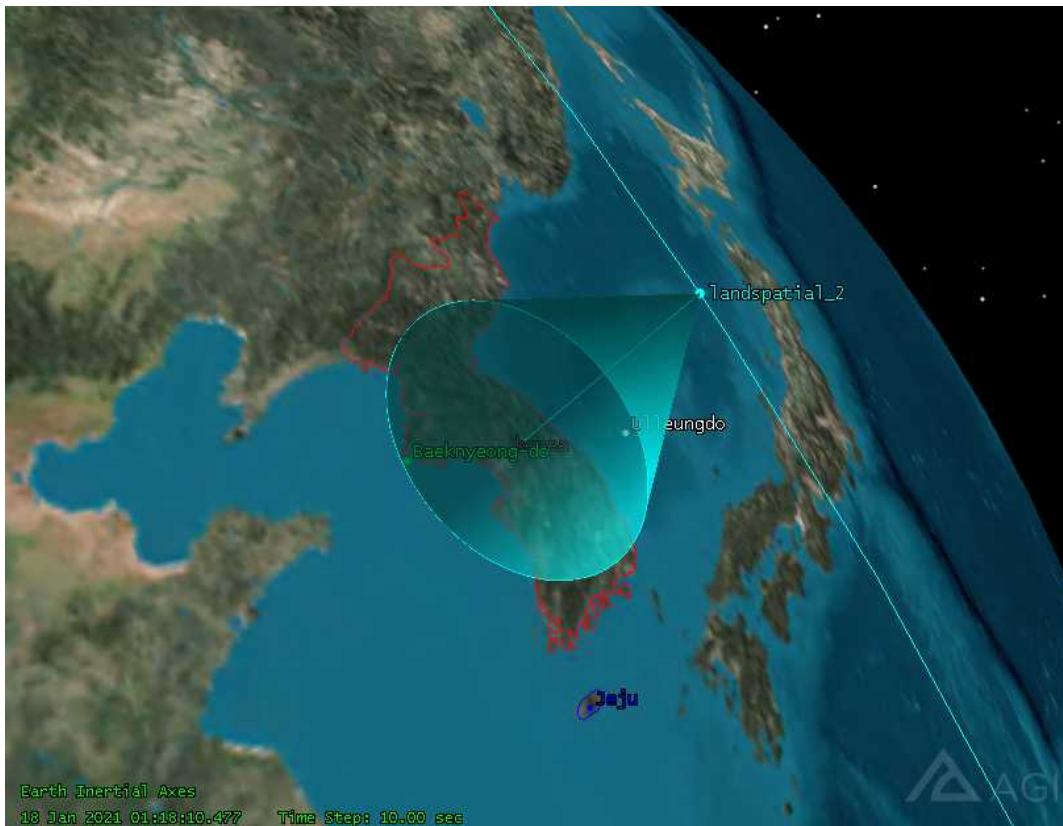
<그림 3-10> 국토관측위성 한반도 궤도와 궤도에서의 촬영범위



<한반도 위성 궤도>



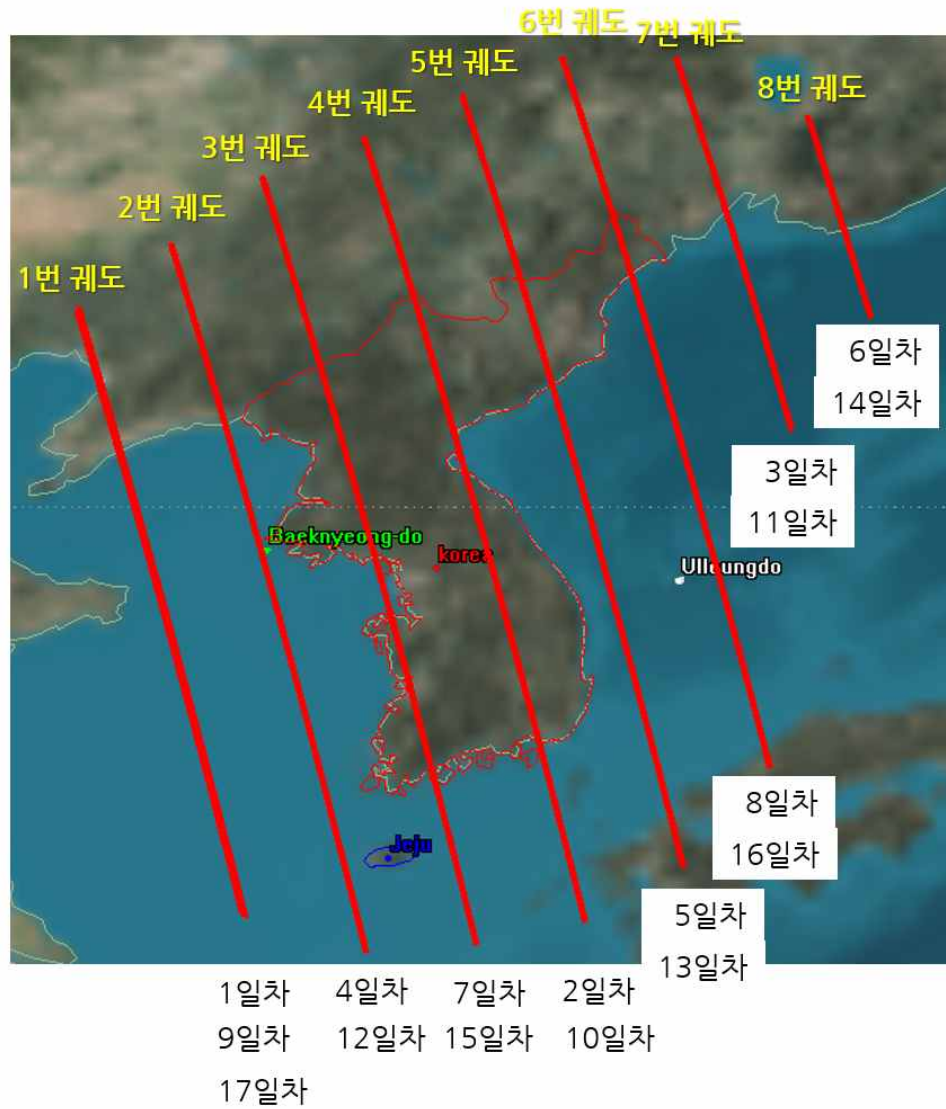
<촬영각 30도 범위>



<위성궤도 상 촬영 각 30도 범위 시뮬레이션>

자료: 저자작성

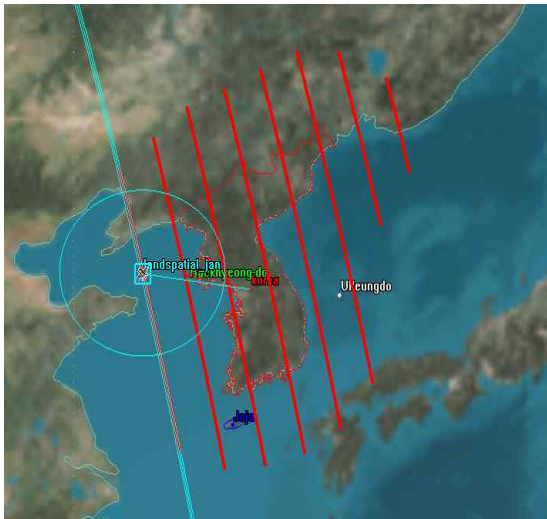
<그림 3-11> 2021년 1월 촬영궤도와 촬영 일수



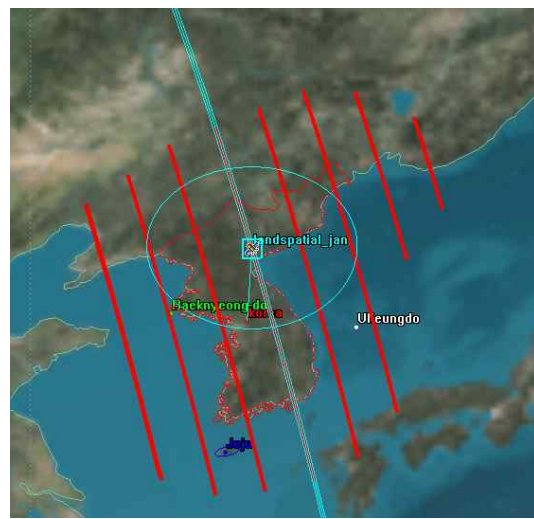
자료: 저자작성

□ 국토관측위성 1, 2호를 동시에 활용할 경우 촬영궤도는 474개 궤도가 생성된다. <표 3-12>은 2021년 1월 1일부터 2021년 1월 31일까지 국토관측위성 1, 2호의 촬영시간을 나타낸 것임

<그림 3-12> 각 궤도별 국토관측위성 촬영시간 시뮬레이션



<1번 궤도 촬영>



<4번 궤도 촬영>



<8번 궤도 촬영>

자료: 저자작성

<표 3-8> 2021년 전체 국토관측위성 궤도별 촬영시간

궤도연번	월	촬영 날짜	시작 시간	종료 시간	촬영 지속 시간
1	1월	2021년 1월 3일 일요일	오전 11:23:30	오전 11:25:57	146.72
2		2021년 1월 4일 월요일	오전 11:03:16	오전 11:06:24	188.335
3		2021년 1월 5일 화요일	오전 10:45:00	오전 10:46:30	89.571
4		2021년 1월 8일 금요일	오전 11:16:52	오전 11:19:43	170.737
5		2021년 1월 9일 토요일	오전 10:56:59	오전 11:00:05	185.703
6		2021년 1월 10일 일요일	오전 10:38:57	오전 10:39:46	48.622
7		2021년 1월 13일 수요일	오전 11:10:25	오전 11:13:30	184.703
8		2021년 1월 14일 목요일	오전 10:50:54	오전 10:53:45	170.834
9		2021년 1월 17일 일요일	오전 11:24:16	오전 11:26:42	145.962
10		2021년 1월 18일 월요일	오전 11:04:01	오전 11:07:09	188.328
11		2021년 1월 19일 화요일	오전 10:45:45	오전 10:47:15	90.052
12		2021년 1월 22일 금요일	오전 11:17:38	오전 11:20:28	170.216
13		2021년 1월 23일 토요일	오전 10:57:44	오전 11:00:50	185.449
14		2021년 1월 24일 일요일	오전 10:39:42	오전 10:40:32	49.18
15		2021년 1월 27일 수요일	오전 11:11:10	오전 11:14:14	184.076
16		2021년 1월 28일 목요일	오전 10:51:39	오전 10:54:29	170.707
17		2021년 1월 31일 일요일	오전 11:25:02	오전 11:27:26	144.309
18	2월	2021년 2월 1일 월요일	오전 11:04:46	오전 11:07:54	187.617
19		2021년 2월 2일 화요일	오전 10:46:30	오전 10:47:59	89.764
20		2021년 2월 5일 금요일	오전 11:18:23	오전 11:21:12	169.103
21		2021년 2월 6일 토요일	오전 10:58:29	오전 11:01:34	184.548
22		2021년 2월 7일 일요일	오전 10:40:27	오전 10:41:16	48.891
23		2021년 2월 10일 수요일	오전 11:11:55	오전 11:14:58	183.031
24		2021년 2월 11일 목요일	오전 10:52:23	오전 10:55:13	170.044
25		2021년 2월 14일 일요일	오전 11:25:47	오전 11:28:09	142.401
26		2021년 2월 15일 월요일	오전 11:05:31	오전 11:08:37	186.713
27		2021년 2월 16일 화요일	오전 10:47:14	오전 10:48:43	89.289
28		2021년 2월 19일 금요일	오전 11:19:07	오전 11:21:55	168.008
29		2021년 2월 20일 토요일	오전 10:59:13	오전 11:02:16	183.695
30		2021년 2월 21일 일요일	오전 10:41:10	오전 10:41:59	48.675
31		2021년 2월 24일 수요일	오전 11:12:38	오전 11:15:41	182.236
32		2021년 2월 25일 목요일	오전 10:53:06	오전 10:55:56	169.669
33		2021년 2월 28일 일요일	오전 11:26:31	오전 11:27:20	49.066
34		2021년 2월 28일 일요일	오전 11:27:22	오전 11:28:52	89.813
35	3월	2021년 3월 1일 월요일	오전 11:06:14	오전 11:09:20	186.253
36		2021년 3월 2일 화요일	오전 10:47:56	오전 10:49:26	89.325
37		2021년 3월 5일 금요일	오전 11:19:50	오전 11:22:38	167.527
38		2021년 3월 6일 토요일	오전 10:59:55	오전 11:02:59	183.535
39		2021년 3월 7일 일요일	오전 10:41:53	오전 10:42:42	49.378
40		2021년 3월 10일 수요일	오전 11:13:21	오전 11:16:23	182.18
41		2021년 3월 11일 목요일	오전 10:53:49	오전 10:56:39	170.193

궤도연번	월	촬영 날짜	시작 시간	종료 시간	촬영 지속 시간
42	3월	2021년 3월 14일 일요일	오전 11:27:14	오전 11:28:02	48.39
43		2021년 3월 14일 일요일	오전 11:28:06	오전 11:29:34	88.604
44		2021년 3월 15일 월요일	오전 11:06:56	오전 11:10:03	186.564
45		2021년 3월 16일 화요일	오전 10:48:39	오전 10:50:09	90.198
46		2021년 3월 19일 금요일	오전 11:20:33	오전 11:23:21	167.832
47		2021년 3월 20일 토요일	오전 11:00:38	오전 11:03:42	184.239
48		2021년 3월 21일 일요일	오전 10:42:35	오전 10:43:26	51.145
49		2021년 3월 24일 수요일	오전 11:14:04	오전 11:17:07	182.841
50		2021년 3월 25일 목요일	오전 10:54:31	오전 10:57:22	171.584
51		2021년 3월 28일 일요일	오전 11:27:57	오전 11:28:46	48.561
52		2021년 3월 28일 일요일	오전 11:28:49	오전 11:30:18	88.869
53		2021년 3월 29일 월요일	오전 11:07:40	오전 11:10:47	187.436
54		2021년 3월 30일 화요일	오전 10:49:22	오전 10:50:53	91.642
55	4월	2021년 4월 2일 금요일	오전 11:21:16	오전 11:24:05	168.537
56		2021년 4월 3일 토요일	오전 11:01:21	오전 11:04:27	185.367
57		2021년 4월 4일 일요일	오전 10:43:18	오전 10:44:12	53.344
58		2021년 4월 7일 수요일	오전 11:14:48	오전 11:17:51	183.693
59		2021년 4월 8일 목요일	오전 10:55:14	오전 10:58:07	173.195
60		2021년 4월 11일 일요일	오전 11:28:41	오전 11:29:30	48.635
61		2021년 4월 11일 일요일	오전 11:29:34	오전 11:31:03	89.08
62		2021년 4월 12일 월요일	오전 11:08:24	오전 11:11:32	188.27
63		2021년 4월 13일 화요일	오전 10:50:05	오전 10:51:38	92.991
64		2021년 4월 16일 금요일	오전 11:22:01	오전 11:24:50	168.985
65		2021년 4월 17일 토요일	오전 11:02:05	오전 11:05:12	186.173
66		2021년 4월 18일 일요일	오전 10:44:02	오전 10:44:58	55.083
67		2021년 4월 21일 수요일	오전 11:15:33	오전 11:18:37	184.075
68		2021년 4월 22일 목요일	오전 10:55:58	오전 10:58:53	174.23
69		2021년 4월 25일 일요일	오전 11:29:27	오전 11:30:15	47.686
70		2021년 4월 25일 일요일	오전 11:30:19	오전 11:31:48	88.511
71		2021년 4월 26일 월요일	오전 11:09:09	오전 11:12:17	188.483
72		2021년 4월 27일 화요일	오전 10:50:50	오전 10:52:24	93.651
73		2021년 4월 30일 금요일	오전 11:22:47	오전 11:25:35	168.681
74	5월	2021년 5월 1일 토요일	오전 11:02:50	오전 11:05:57	186.137
75		2021년 5월 2일 일요일	오전 10:44:47	오전 10:45:43	55.799
76		2021년 5월 5일 수요일	오전 11:16:18	오전 11:19:21	183.641
77		2021년 5월 6일 목요일	오전 10:56:43	오전 10:59:38	174.301
78		2021년 5월 9일 일요일	오전 11:30:13	오전 11:30:58	45.374
79		2021년 5월 9일 일요일	오전 11:31:05	오전 11:32:32	86.981
80		2021년 5월 10일 월요일	오전 11:09:54	오전 11:13:02	187.92
81		2021년 5월 11일 화요일	오전 10:51:35	오전 10:53:09	93.499
82		2021년 5월 14일 금요일	오전 11:23:32	오전 11:26:20	167.646
83		2021년 5월 15일 토요일	오전 11:03:35	오전 11:06:41	185.313
84		2021년 5월 16일 일요일	오전 10:45:32	오전 10:46:28	55.613
85		2021년 5월 19일 수요일	오전 11:17:03	오전 11:20:05	182.609

궤도연번	월	촬영 날짜	시작 시간	종료 시간	촬영 지속 시간
86		2021년 5월 20일 목요일	오전 10:57:28	오전 11:00:22	173.677
87		2021년 5월 23일 일요일	오전 11:30:59	오전 11:31:41	42.159
88		2021년 5월 23일 일요일	오전 11:31:51	오전 11:33:16	85.155
89		2021년 5월 24일 월요일	오전 11:10:39	오전 11:13:46	186.964
90		2021년 5월 25일 화요일	오전 10:52:20	오전 10:53:52	92.963
91		2021년 5월 28일 금요일	오전 11:24:16	오전 11:27:03	166.443
92		2021년 5월 29일 토요일	오전 11:04:19	오전 11:07:24	184.288
93		2021년 5월 30일 일요일	오전 10:46:16	오전 10:47:11	55.217
94	6월	2021년 6월 2일 수요일	오전 11:17:47	오전 11:20:48	181.607
95		2021년 6월 3일 목요일	오전 10:58:11	오전 11:01:04	173.074
96		2021년 6월 6일 일요일	오전 11:31:43	오전 11:32:22	39.12
97		2021년 6월 6일 일요일	오전 11:32:35	오전 11:33:58	83.664
98		2021년 6월 7일 월요일	오전 11:11:22	오전 11:14:29	186.264
99		2021년 6월 8일 화요일	오전 10:53:03	오전 10:54:35	92.72
100		2021년 6월 8일 화요일	오후 11:55:05	오후 11:55:09	4.474
101		2021년 6월 11일 금요일	오전 11:25:00	오전 11:27:46	165.724
102		2021년 6월 12일 토요일	오전 11:05:03	오전 11:08:06	183.792
103		2021년 6월 13일 일요일	오전 10:46:59	오전 10:47:54	55.43
104		2021년 6월 13일 일요일	오후 11:48:42	오후 11:48:46	3.377
105		2021년 6월 16일 수요일	오전 11:18:30	오전 11:21:31	181.24
106		2021년 6월 17일 목요일	오전 10:58:54	오전 11:01:47	173.184
107		2021년 6월 17일 목요일	오전 12:02:20	오전 12:02:33	13.109
108		2021년 6월 20일 일요일	오전 11:32:26	오전 11:33:04	37.389
109		2021년 6월 20일 일요일	오전 11:33:18	오전 11:34:41	83.057
110		2021년 6월 21일 월요일	오전 11:12:05	오전 11:15:11	186.284
111		2021년 6월 22일 화요일	오전 10:53:45	오전 10:55:18	93.236
112		2021년 6월 22일 화요일	오후 11:55:49	오후 11:56:05	15.844
113		2021년 6월 25일 금요일	오전 11:25:43	오전 11:28:28	165.786
114		2021년 6월 26일 토요일	오전 11:05:45	오전 11:08:49	184.174
115		2021년 6월 27일 일요일	오전 10:47:41	오전 10:48:38	56.626
116		2021년 6월 27일 일요일	오후 11:49:27	오후 11:49:33	6.866
117		2021년 6월 30일 수요일	오전 11:19:12	오전 11:22:14	181.666
118	7월	2021년 7월 1일 목요일	오전 10:59:36	오전 11:02:31	174.189
119		2021년 7월 1일 목요일	오전 12:03:05	오전 12:03:14	9.679
120		2021년 7월 4일 일요일	오전 11:33:09	오전 11:33:47	37.172
121		2021년 7월 4일 일요일	오전 11:34:01	오전 11:35:24	83.272
122		2021년 7월 5일 월요일	오전 11:12:48	오전 11:15:55	186.991
123		2021년 7월 6일 화요일	오전 10:54:28	오전 10:56:02	94.44
124		2021년 7월 6일 화요일	오후 11:56:34	오후 11:56:38	4.253
125		2021년 7월 9일 금요일	오전 11:26:26	오전 11:29:12	166.425
126		2021년 7월 10일 토요일	오전 11:06:28	오전 11:09:33	185.176
127		2021년 7월 11일 일요일	오전 10:48:24	오전 10:49:22	58.464
128		2021년 7월 14일 수요일	오전 11:19:56	오전 11:22:58	182.493
129		2021년 7월 15일 목요일	오전 11:00:19	오전 11:03:15	175.643

궤도연번	월	촬영 날짜	시작 시간	종료 시간	촬영 지속 시간
130		2021년 7월 18일 일요일	오전 11:33:53	오전 11:34:31	37.286
131		2021년 7월 18일 일요일	오전 11:34:45	오전 11:36:09	83.637
132		2021년 7월 19일 월요일	오전 11:13:32	오전 11:16:40	187.873
133		2021년 7월 20일 화요일	오전 10:55:11	오전 10:56:47	95.783
134		2021년 7월 23일 금요일	오전 11:27:10	오전 11:29:57	167.027
135		2021년 7월 24일 토요일	오전 11:07:12	오전 11:10:18	186.091
136		2021년 7월 25일 일요일	오전 10:49:08	오전 10:50:08	60.169
137		2021년 7월 28일 수요일	오전 11:20:40	오전 11:23:43	183.042
138		2021년 7월 29일 목요일	오전 11:01:03	오전 11:04:00	176.785
139	8월	2021년 8월 1일 일요일	오전 11:34:39	오전 11:35:15	36.555
140		2021년 8월 1일 일요일	오전 11:35:30	오전 11:36:54	83.364
141		2021년 8월 2일 월요일	오전 11:14:17	오전 11:17:25	188.291
142		2021년 8월 3일 화요일	오전 10:55:56	오전 10:57:33	96.62
143		2021년 8월 6일 금요일	오전 11:27:55	오전 11:30:42	166.994
144		2021년 8월 7일 토요일	오전 11:07:57	오전 11:11:03	186.275
145		2021년 8월 8일 일요일	오전 10:49:53	오전 10:50:54	61.083
146		2021년 8월 11일 수요일	오전 11:21:26	오전 11:24:28	182.818
147		2021년 8월 12일 목요일	오전 11:01:48	오전 11:04:45	177.075
148		2021년 8월 15일 일요일	오전 11:35:25	오전 11:36:00	34.655
149		2021년 8월 15일 일요일	오전 11:36:16	오전 11:37:38	82.053
150		2021년 8월 16일 월요일	오전 11:15:02	오전 11:18:10	187.921
151		2021년 8월 17일 화요일	오전 10:56:41	오전 10:58:18	96.659
152		2021년 8월 20일 금요일	오전 11:28:41	오전 11:31:27	166.159
153		2021년 8월 21일 토요일	오전 11:08:42	오전 11:11:48	185.582
154		2021년 8월 22일 일요일	오전 10:50:38	오전 10:51:39	61.087
155		2021년 8월 25일 수요일	오전 11:22:11	오전 11:25:13	181.859
156		2021년 8월 26일 목요일	오전 11:02:33	오전 11:05:30	176.566
157		2021년 8월 29일 일요일	오전 11:36:11	오전 11:36:43	31.647
158		2021년 8월 29일 일요일	오전 11:37:02	오전 11:38:22	80.121
159		2021년 8월 30일 월요일	오전 11:15:47	오전 11:18:54	186.981
160		2021년 8월 31일 화요일	오전 10:57:26	오전 10:59:02	96.16
161	9월	2021년 9월 3일 금요일	오전 11:29:26	오전 11:32:11	164.907
162		2021년 9월 4일 토요일	오전 11:09:26	오전 11:12:31	184.458
163		2021년 9월 5일 일요일	오전 10:51:22	오전 10:52:23	60.672
164		2021년 9월 8일 수요일	오전 11:22:55	오전 11:25:56	180.696
165		2021년 9월 9일 목요일	오전 11:03:17	오전 11:06:13	175.841
166		2021년 9월 12일 일요일	오전 11:36:57	오전 11:37:25	28.458
167		2021년 9월 12일 일요일	오전 11:37:46	오전 11:39:04	78.339

궤도연번	월	촬영 날짜	시작 시간	종료 시간	촬영 지속 시간
168		2021년 9월 13일 월요일	오전 11:16:31	오전 11:19:37	186.083
169		2021년 9월 14일 화요일	오전 10:58:09	오전 10:59:45	95.738
170		2021년 9월 17일 금요일	오전 11:30:09	오전 11:32:53	163.906
171		2021년 9월 18일 토요일	오전 11:10:10	오전 11:13:13	183.648
172		2021년 9월 19일 일요일	오전 10:52:05	오전 10:53:06	60.595
173		2021년 9월 22일 수요일	오전 11:23:38	오전 11:26:38	180.011
174		2021년 9월 23일 목요일	오전 11:04:00	오전 11:06:56	175.628
175		2021년 9월 26일 일요일	오전 11:37:40	오전 11:38:07	26.271
176		2021년 9월 26일 일요일	오전 11:38:29	오전 11:39:47	77.329
177		2021년 9월 27일 월요일	오전 11:17:14	오전 11:20:20	185.801
178		2021년 9월 28일 화요일	오전 10:58:52	오전 11:00:28	95.948
179	10월	2021년 10월 1일 금요일	오전 11:30:52	오전 11:33:36	163.648
180		2021년 10월 2일 토요일	오전 11:10:52	오전 11:13:56	183.672
181		2021년 10월 3일 일요일	오전 10:52:48	오전 10:53:49	61.372
182		2021년 10월 6일 수요일	오전 11:24:21	오전 11:27:21	180.143
183		2021년 10월 7일 목요일	오전 11:04:42	오전 11:07:39	176.301
184		2021년 10월 10일 일요일	오전 11:38:24	오전 11:38:49	25.589
185		2021년 10월 10일 일요일	오전 11:39:12	오전 11:40:30	77.266
186		2021년 10월 11일 월요일	오전 11:17:57	오전 11:21:03	186.281
187		2021년 10월 12일 화요일	오전 10:59:35	오전 11:01:11	96.902
188		2021년 10월 15일 금요일	오전 11:31:35	오전 11:34:19	164.106
189		2021년 10월 16일 토요일	오전 11:11:35	오전 11:14:40	184.467
190		2021년 10월 17일 일요일	오전 10:53:30	오전 10:54:33	62.901
191		2021년 10월 20일 수요일	오전 11:25:04	오전 11:28:05	180.86
192		2021년 10월 21일 목요일	오전 11:05:25	오전 11:08:23	177.629
193		2021년 10월 24일 일요일	오전 11:39:07	오전 11:39:33	25.675
194		2021년 10월 24일 일요일	오전 11:39:56	오전 11:41:14	77.627
195		2021년 10월 25일 월요일	오전 11:18:40	오전 11:21:47	187.137
196		2021년 10월 26일 화요일	오전 11:00:18	오전 11:01:56	98.191
197		2021년 10월 29일 금요일	오전 11:32:19	오전 11:35:04	164.75
198		2021년 10월 30일 토요일	오전 11:12:19	오전 11:15:24	185.422
199		2021년 10월 31일 일요일	오전 10:54:14	오전 10:55:19	64.557
200	11월	2021년 11월 3일 수요일	오전 11:25:48	오전 11:28:50	181.52
201		2021년 11월 4일 목요일	오전 11:06:09	오전 11:09:08	178.905
202		2021년 11월 7일 일요일	오전 11:39:53	오전 11:40:18	25.093
203		2021년 11월 7일 일요일	오전 11:40:41	오전 11:41:59	77.577

궤도연번	월	촬영 날짜	시작 시간	종료 시간	촬영 지속 시간
204		2021년 11월 8일 월요일	오전 11:19:25	오전 11:22:33	187.72
205		2021년 11월 9일 화요일	오전 11:01:02	오전 11:02:41	99.174
206		2021년 11월 12일 금요일	오전 11:33:04	오전 11:35:49	164.907
207		2021년 11월 13일 토요일	오전 11:13:03	오전 11:16:09	185.809
208		2021년 11월 14일 일요일	오전 10:54:59	오전 10:56:04	65.636
209		2021년 11월 17일 수요일	오전 11:26:33	오전 11:29:35	181.508
210		2021년 11월 18일 목요일	오전 11:06:54	오전 11:09:53	179.458
211		2021년 11월 21일 일요일	오전 11:40:39	오전 11:41:02	22.673
212		2021년 11월 21일 일요일	오전 11:41:27	오전 11:42:43	76.519
213		2021년 11월 22일 월요일	오전 11:20:10	오전 11:23:18	187.56
214		2021년 11월 23일 화요일	오전 11:01:47	오전 11:03:27	99.419
215		2021년 11월 26일 금요일	오전 11:33:50	오전 11:36:34	164.242
216		2021년 11월 27일 토요일	오전 11:13:49	오전 11:16:54	185.285
217		2021년 11월 28일 일요일	오전 10:55:44	오전 10:56:50	65.836
218	12월	2021년 12월 1일 수요일	오전 11:27:19	오전 11:30:19	180.667
219		2021년 12월 2일 목요일	오전 11:07:39	오전 11:10:38	179.161
220		2021년 12월 5일 일요일	오전 11:41:26	오전 11:41:44	17.918
221		2021년 12월 5일 일요일	오전 11:42:13	오전 11:43:27	74.525
222		2021년 12월 6일 월요일	오전 11:20:55	오전 11:24:02	186.698
223		2021년 12월 7일 화요일	오전 11:02:32	오전 11:04:11	99.003
224		2021년 12월 10일 금요일	오전 11:34:35	오전 11:37:18	162.973
225		2021년 12월 11일 토요일	오전 11:14:33	오전 11:17:38	184.115
226		2021년 12월 12일 일요일	오전 10:56:28	오전 10:57:34	65.446
227		2021년 12월 15일 수요일	오전 11:28:03	오전 11:31:03	179.409
228		2021년 12월 16일 목요일	오전 11:08:23	오전 11:11:21	178.401
229		2021년 12월 19일 일요일	오전 11:42:14	오전 11:42:25	10.621
230		2021년 12월 19일 일요일	오전 11:42:57	오전 11:44:10	72.282
231		2021년 12월 20일 월요일	오전 11:21:40	오전 11:24:45	185.662
232		2021년 12월 21일 화요일	오전 11:03:16	오전 11:04:55	98.45
233		2021년 12월 24일 금요일	오전 11:35:19	오전 11:38:01	161.741
234		2021년 12월 25일 토요일	오전 11:15:17	오전 11:18:20	183.188
235		2021년 12월 26일 일요일	오전 10:57:12	오전 10:58:17	65.14
236		2021년 12월 29일 수요일	오전 11:28:47	오전 11:31:45	178.437
237		2021년 12월 30일 목요일	오전 11:09:06	오전 11:12:04	177.927

자료: 저자작성

<표 3-9> 2022년 1월 국토관측위성 1, 2호 궤도별 촬영 시간

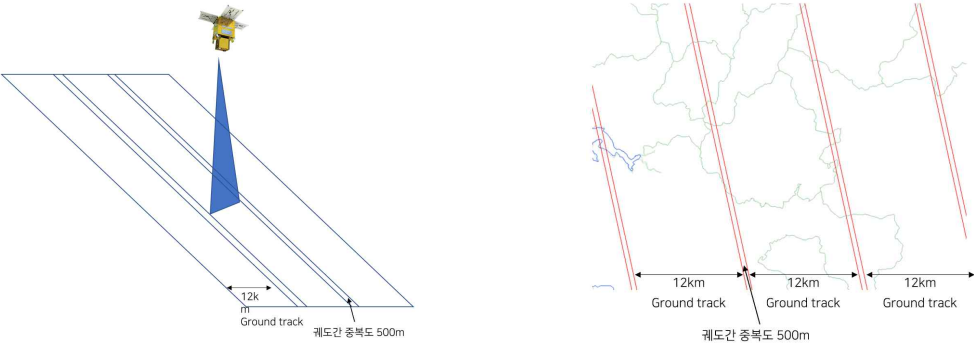
궤도연번	월	촬영 날짜	시작 시간	종료 시간	촬영 지속가능 시간
1	1월	2022년 1월 3일 월요일	오전 10:36:11	오전 10:38:37	146.292
2		2022년 1월 3일 월요일	오전 11:23:30	오전 11:25:57	146.720
3		2022년 1월 4일 화요일	오전 10:15:56	오전 10:19:05	188.354
4		2022년 1월 4일 화요일	오전 11:03:16	오전 11:06:24	188.335
5		2022년 1월 5일 수요일	오전 9:57:40	오전 9:59:10	89.921
6		2022년 1월 5일 수요일	오전 10:45:00	오전 10:46:30	89.571
7		2022년 1월 8일 토요일	오전 10:29:33	오전 10:32:23	170.598
8		2022년 1월 8일 토요일	오전 11:16:52	오전 11:19:43	170.737
9		2022년 1월 9일 일요일	오전 10:09:40	오전 10:12:45	185.770
10		2022년 1월 9일 일요일	오전 10:56:59	오전 11:00:05	185.703
11		2022년 1월 10일 월요일	오전 9:51:38	오전 9:52:27	49.288
12		2022년 1월 10일 월요일	오전 10:38:57	오전 10:39:46	48.622
13		2022년 1월 13일 목요일	오전 10:23:05	오전 10:26:10	184.657
14		2022년 1월 13일 목요일	오전 11:10:25	오전 11:13:30	184.703
15		2022년 1월 14일 금요일	오전 10:03:34	오전 10:06:25	171.166
16		2022년 1월 14일 금요일	오전 10:50:54	오전 10:53:45	170.834
17		2022년 1월 17일 월요일	오전 10:36:57	오전 10:39:22	145.528
18		2022년 1월 17일 월요일	오전 11:24:16	오전 11:26:42	145.962
19		2022년 1월 18일 화요일	오전 10:16:42	오전 10:19:50	188.345
20		2022년 1월 18일 화요일	오전 11:04:01	오전 11:07:09	188.328
21		2022년 1월 19일 수요일	오전 9:58:25	오전 9:59:56	90.395
22		2022년 1월 19일 수요일	오전 10:45:45	오전 10:47:15	90.052
23		2022년 1월 22일 토요일	오전 10:30:18	오전 10:33:08	170.074
24		2022년 1월 22일 토요일	오전 11:17:38	오전 11:20:28	170.216
25		2022년 1월 23일 일요일	오전 10:10:25	오전 10:13:30	185.513
26		2022년 1월 23일 일요일	오전 10:57:44	오전 11:00:50	185.449
27		2022년 1월 24일 월요일	오전 9:52:23	오전 9:53:12	49.830
28		2022년 1월 24일 월요일	오전 10:39:42	오전 10:40:32	49.180
29		2022년 1월 27일 목요일	오전 10:23:51	오전 10:26:55	184.028
30		2022년 1월 27일 목요일	오전 11:11:10	오전 11:14:14	184.076
31		2022년 1월 28일 금요일	오전 10:04:19	오전 10:07:10	171.033
32		2022년 1월 28일 금요일	오전 10:51:39	오전 10:54:29	170.707
33		2022년 1월 31일 월요일	오전 10:37:43	오전 10:40:06	143.861
34		2022년 1월 31일 월요일	오전 11:25:02	오전 11:27:26	144.309

자료: 저자작성

□ 한반도 전체 촬영 현황 시뮬레이션을 수행하기 위해 본 연구에서는 국토관측위성의 촬영 폭에 따른 Ground Track 영역을 확정

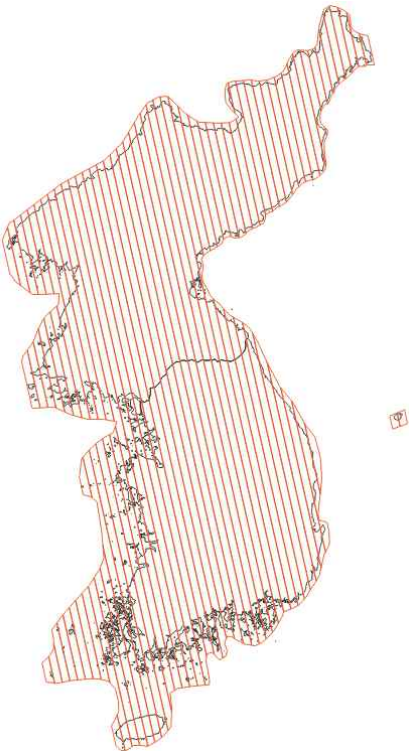
- Ground Track 영역 확정 방법은 <그림 3-13>과 같이 국토관측위성의 영상촬영 폭을 12km로 설정하고, 인접한 Ground Track 간에 공백이 없고, 정사영상 제작 시 인접 영상 간에 seamline 편집을 고려하여 500m씩 중첩되도록 함
- 촬영 폭과 중첩도를 고려하여 Ground Track을 생성한 결과 전체 89개의 Ground Track 생성

<그림 3-13> 한반도 Ground Track



<Ground Track 설정>

<수원 인근 Ground Track의 예>



<한반도 전체 Ground Track 설정 결과>

자료: 저자작성

2) 한반도 촬영 시뮬레이션 결과

□ 한반도 촬영 시뮬레이션은 국토관측위성의 특성을 고려하여 크게 4가지 항목에 대하여 시뮬레이션을 수행

- 각 시뮬레이션의 목표는 구름양을 고려하여 가장 이른 시일 안에 한반도 전체 영상을 획득하는 것을 목표
- 시뮬레이션은 국토관측위성이 한반도를 지나갈 때 위성의 자세를 바꾸지 않고 지속해서 촬영하는 경우
- 국토관측위성이 지나갈 때 궤도를 수정하여 촬영하는 경우
- 국지적 재난 또는 관심지역 발생 등으로 인하여 특정 지역을 촬영할 때의 경우
- 3차원 입체 영상을 획득하기 위한 경우로 구분

(1) 국토관측위성의 자세 변동 없이 촬영할 경우

(가) 날씨 요소를 고려하지 않을 경우

□ 본 연구에서는 위성영상이 지나가는 시기에 구름이 없는 상황을 가정하여 국토관측위성을 이용하여 촬영할 경우 어느 정도 기간이 필요한지 먼저 계산

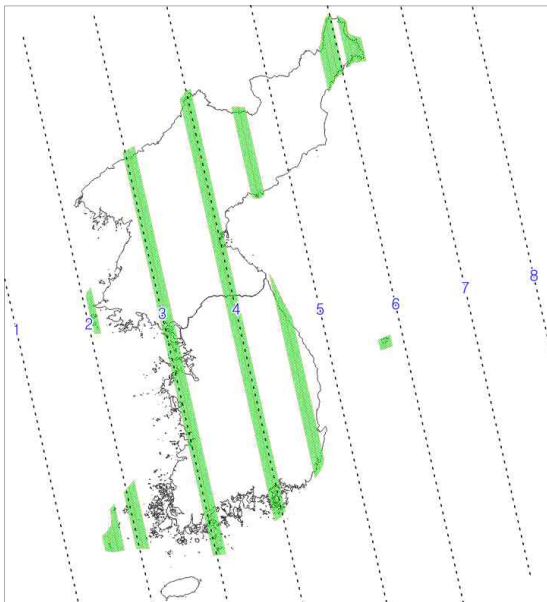
- 국토관측위성이 지나가는 궤도에서 구름(연무, 황사 등)이 없어 촬영영상 품질에 문제가 없을 것
- 위성의 최대촬영 거리가 한반도 전체 길이(약 1,100km) 이상일 것
- 한반도 궤도 내에서 위성의 자세에 변화가 없을 것.
- 스테레오 촬영이 없을 것.
- 국토관측위성의 최대 자세 각은 30도 미만일 것.

□ 구름이 없는 사항을 가정하면 1월 1일부터 촬영을 시작할 경우 4월 18일에 한반도 전체 영상을 획득

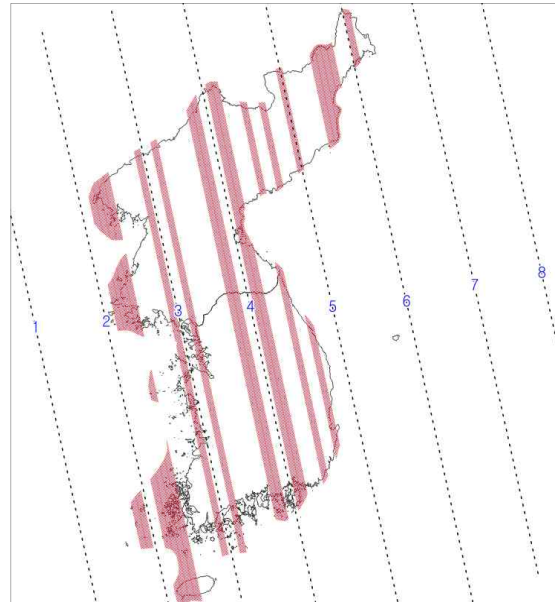
- 1달 동안 한반도를 촬영할 수 있는 위성 궤도의 숫자는 대략 8개 궤도이고, 위성영상 촬영에 필요한 한반도의 Ground Track이 89개인 것을 고려할 경우 위 조건에서 국토관측위성 1호만 활용할 경우 한반도 전체 촬영에는 모든 촬영궤도에서 구름이 없다는 것을 가정하면 총 66회의 촬영궤도가 소요
- 국토관측위성 1개로 한반도 전체 영상을 획득하는데 약 4.5개월 정도 소요된다고 할 수 있으며 국토관측위성 1, 2호를 활용할 때는 약 2.3개월 정도가 소요되는 것으로 예측
- 만약 같은 조건에서 한반도 스테레오 촬영을 시도할 경우 국토관측위성 1호만 사용할 경우 입

체시 생성을 위한 각도 조절을 위해 동일지역을 2회 이상 촬영해야 하므로 9개월, 국토관측위성 1, 2호를 같이 활용할 경우 다른 하나의 위성을 입체시 조건을 만든 이후 동일 궤도에서 좌·우 영상을 획득할 수 있으므로 약 4.5개월 소요되는 것으로 계산

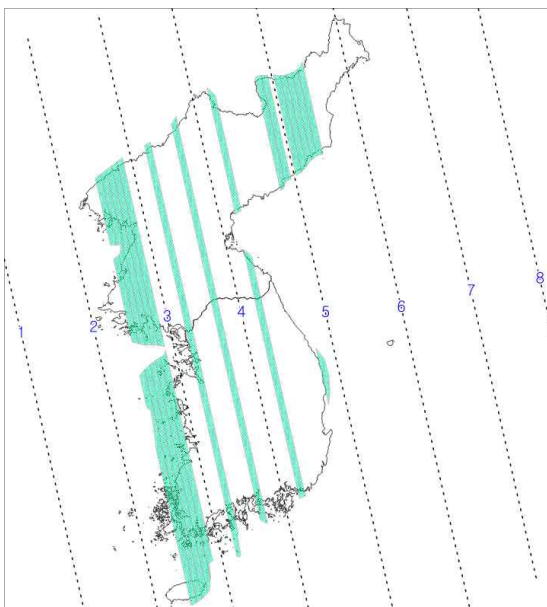
<그림 3-14> 월별 국토관측위성 궤도에 따른 촬영 가능 Ground Track



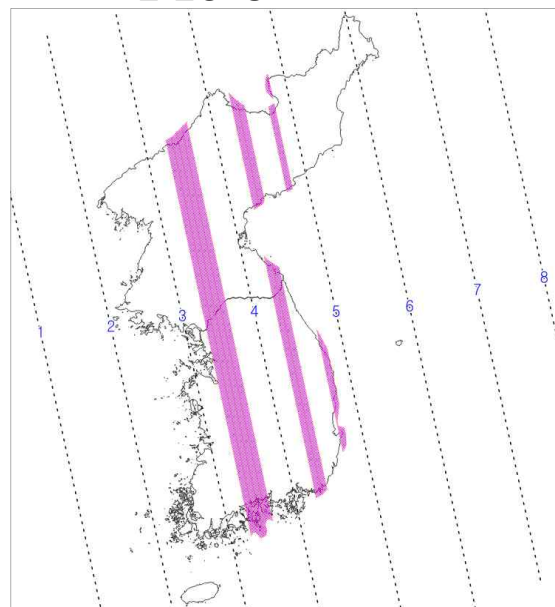
<1월 촬영가능 Ground Track>



<2월 촬영가능 Ground Track>



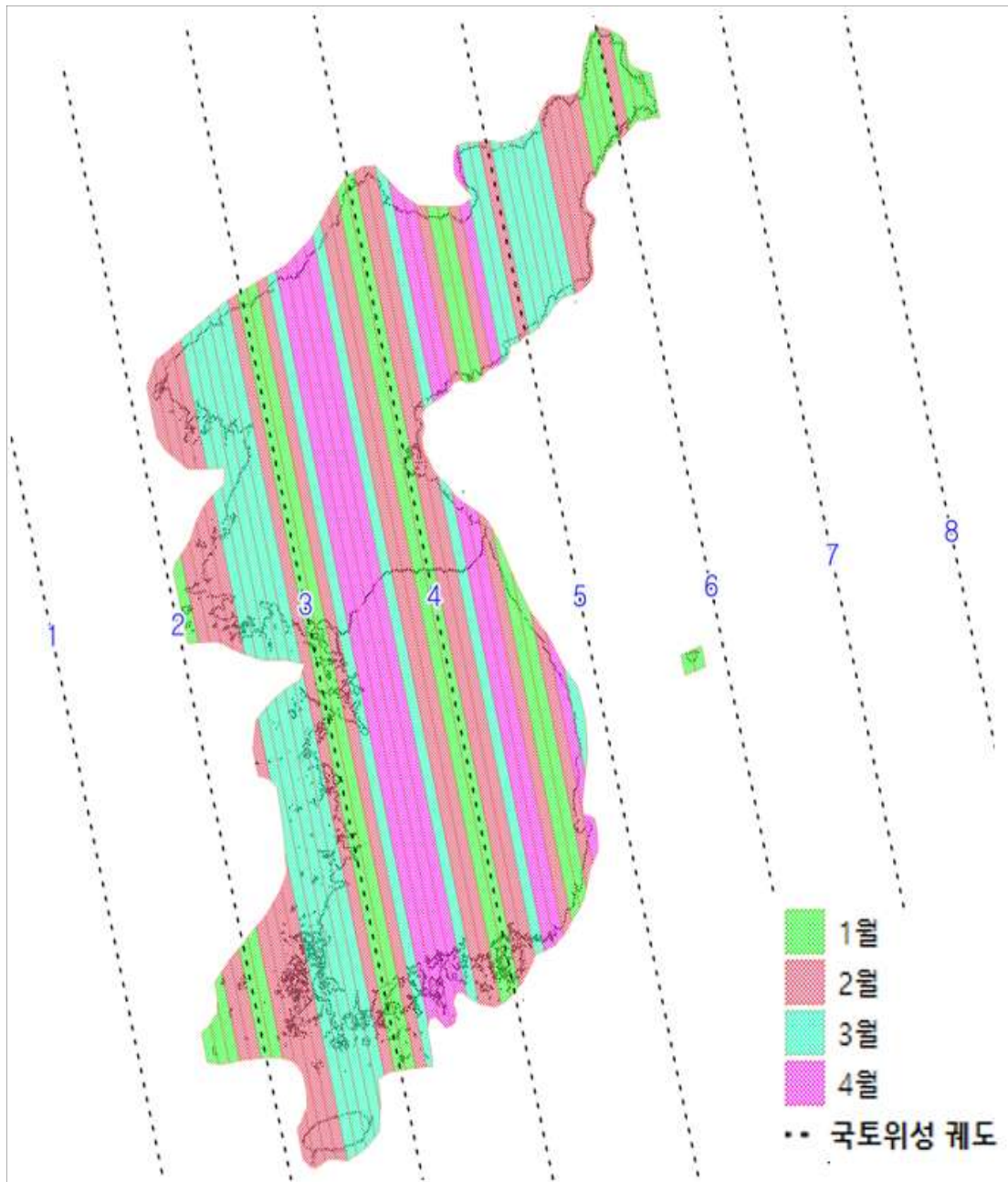
<3월 촬영가능 Ground Track>



<4월 촬영가능 Ground Track>

자료: 저자작성

<그림 3-15> 기상여건을 고려하지 않을 때 촬영 가능 Ground Track



자료: 저자작성

(나) 날씨 요소를 고려할 경우

□ 광학위성영상은 구름양 등의 기상 여건을 고려하면 촬영 가능 날짜가 현저히 저하

- 특히 우리나라는 6월 말부터 7월 말까지 한 달 정도 장마 기간 동안 영상촬영을 위한 쾌청 일수 확보가 극히 어려움
- 우리나라 기후가 아열대 기후로 변화하고 있어 기온이 높아지고 공기 중의 수증기량이 많아서 구름이 생성되고 비가 자주 오는 특징을 보여 광학위성영상 뿐만 아니라 항공사진 촬영 일수도 줄어드는 추세임
- 구름에 따른 영향을 극복하기 위해서 위성영상은 촬영지역에 구름 등이 있으면 위성의 자세 제어를 통하여 촬영범위 내에서 구름이 없는 지역을 선택하여 촬영함으로써 어느 정도 제약 조건을 극복

□ 그러나 이러한 인공위성의 능력은 앞서 기술한 바와 같이 위성영상의 CGM 능력에 따라 크게 좌우된다. 현재 국토관측위성의 자세 변화에 따른 소요시간에 대한 정확한 자료가 없으므로 한반도 촬영궤도에서 위성영상의 자세 변화 없이 촬영하였을 경우 소요시간을 예측

- 구름양은 한반도 ASOS 지점을 기준으로 작성된 티센망에 월별 전운량과 대상 지역을 지나가는 위성의 Ground Track 데이터를 융합하여 전운량을 고려하였을 경우 한반도 전체 영상획득 기간을 계산
- 계산된 지역별 전운량, 촬영지역 면적 등을 활용하여 각 지역별 구름양을 고려한 촬영 기간을 계산
- 먼저 각 지역별로 구름양이 없을 때 촬영 가능 기간과 Ground Track 회수를 계산하여 1회 촬영에서 획득 가능한 면적을 산출
- 전운량이 30%인 지역은 구름이 없을 확률을 70% 점을 고려하였으며, 촬영지역 면적에 따라 각 가중치를 적용하였다. A 지역에 구름이 없으면 2회 촬영으로 영상을 획득할 수 있다고 한다면, 1월에 전운량이 30%, 국토관측위성이 2회 지나간다고 가정한다면 이론상 전운량이 30%라고 하더라도 2회 촬영에서 A 지역 영상을 획득
- 그러나 첫 번째 촬영 시 구름이 있는 지역이 두 번째 촬영 때에 구름이 없다는 사항을 가정하기는 힘들. 즉, 두 번째 촬영 때에도 동일지역에 구름이 존재할 가능성이 있으므로 3~4회 이상 촬영이 이루어져야 하는 복잡한 경우를 고려 필요
- 특히 촬영 면적이 큰 지역에서는 위와 같은 요소를 더욱 고려해야 한다. 따라서 본 연구는 전운량, 촬영 면적에 일정한 가중치를 적용하여 촬영 가능한 일수를 산정

□ 구름양을 계산한 결과는 다음과 같음.

- 전운량이 50% 미만인 지역도 2회 이상의 촬영이 있어야 구름이 없는 영상을 획득할 수 있어서 전운량이 50% 미만인 지역도 2회 이상 촬영하는 것으로 산정
- 면적이 8,000km² 일 때는 가중치 0.3, 6000km² 일 때는 0.4, 4000km² 일 때는 0.5, 2000km² 일 때 0.6, 1,000km² 일 때는 0.7, 마지막으로 1,000km² 이하 면적 지역에서는 0.8을 적용
- 각 지역별로 2021년 1월부터 12월까지 전운량과 가중치를 적용한 촬영 면적 대비 비율(%)은 <표 3-10>, <표 3-11>과 같음

<표 3-10> 1월 ~ 6월 촬영면적 대비 비율(%)

지역	면적 (km ²)	1월			2월			3월			4월			5월			6월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
강계	9297.0	2	2.0	32	4	4.0	39	2	2.0	42	5	4.7	53	2	2.0	49	4	2.9	64
강릉	437.4	2	13.3	32	1	6.7	44	0	0.0	46	1	6.4	52	2	13.3	45	1	5.9	56
강진군	733.9	0	0.0	44	1	7.6	62	3	29.4	51	0	0.0	55	0	0.0	49	1	8.0	60
강화	2106.8	2	5.5	37	2	5.3	51	4	10.9	50	1	2.7	50	2	5.5	39	2	4.9	55
개성	2196.2	2	6.7	35	1	3.3	38	1	3.3	47	3	9.6	52	2	6.7	48	1	2.5	62
거제	1118.2	2	11.7	34	2	10.5	55	0	0.0	46	0	0.0	52	2	11.7	45	2	9.6	59
거창	1487.0	1	5.8	38	2	11.4	51	1	5.8	45	1	4.6	61	1	5.8	43	2	8.2	65
경주시	1190.1	2	8.8	32	2	7.9	55	0	0.0	46	2	8.2	53	2	8.8	42	2	7.4	58
고산	790.5	0	0.0	65	3	8.0	68	0	0.0	55	0	0.0	58	0	0.0	55	3	26.4	67
고창	677.9	1	3.3	51	2	5.3	60	8	26.7	47	0	0.0	59	1	3.3	43	2	5.1	62
고흥	3044.0	2	7.5	39	2	5.7	62	1	3.8	48	1	3.6	52	2	7.5	48	2	5.9	61
광양시	1141.5	0	0.0	35	0	0.0	57	1	7.0	47	4	26.3	53	0	0.0	48	0	0.0	60
광주	1677.6	2	8.8	48	2	8.8	50	2	8.8	45	0	0.0	53	2	8.8	49	2	6.3	64
구미	1696.9	2	8.8	40	3	13.1	46	1	4.4	43	0	0.0	59	2	8.8	39	3	10.2	61
구성	5829.9	2	3.8	23	4	7.7	30	5	9.6	35	0	0.0	42	2	3.8	41	4	6.5	58
군산	1494.7	2	7.0	44	2	6.4	54	4	14.0	45	0	0.0	56	2	7.0	44	2	5.9	58
금산	1908.6	0	0.0	35	0	0.0	56	1	6.9	51	4	25.2	55	0	0.0	43	0	0.0	56
김책	7434.5	0	0.0	36	4	7.3	40	7	12.7	42	0	0.0	54	0	0.0	56	4	1.5	77
김해시	478.9	0	0.0	33	1	12.5	53	1	13.3	48	1	13.3	50	0	0.0	47	1	10.9	59
남원	1058.7	0	0.0	44	0	0.0	55	1	8.8	46	3	22.1	58	0	0.0	45	0	0.0	66
남포	3508.2	0	0.0	41	4	13.3	39	5	16.7	42	0	0.0	54	0	0.0	50	4	9.6	64
남해	1267.5	0	0.0	35	1	7.9	55	1	8.8	47	2	16.5	53	0	0.0	47	1	6.8	61
대관령	1579.3	2	8.8	38	1	4.4	46	1	4.4	40	2	8.1	54	2	8.8	42	1	3.4	61

지역	면적 (km ²)	1월			2월			3월			4월			5월			6월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
대구	1769.1	1	5.8	34	2	11.7	38	1	5.8	42	1	5.7	51	1	5.8	46	2	9.3	60
대전	1339.7	0	0.0	44	0	0.0	45	1	7.0	41	4	28.0	50	0	0.0	44	0	0.0	56
동두천	1607.2	0	0.0	36	1	5.8	43	1	5.8	39	4	23.3	50	0	0.0	44	1	5.1	56
동해	1119.5	2	10.0	39	1	5.0	44	1	5.0	39	1	4.7	53	2	10.0	41	1	3.8	62
목포	3028.3	0	0.0	57	3	10.1	55	5	18.8	48	0	0.0	55	0	0.0	50	3	8.3	63
문경	1438.8	2	10.0	33	3	14.1	53	0	0.0	47	0	0.0	53	2	10.0	38	3	13.8	54
밀양	1620.2	1	5.0	33	2	9.8	51	1	5.0	48	2	9.6	52	1	5.0	44	2	8.2	59
보령	2618.1	2	6.0	46	1	2.5	58	5	15.0	45	0	0.0	56	2	6.0	43	1	2.3	61
보성군	962.1	2	13.3	38	1	5.5	59	1	6.7	48	0	0.0	53	2	13.3	47	1	5.2	61
보은	1428.4	1	5.8	37	2	10.3	56	1	5.6	52	1	5.4	54	1	5.8	40	2	10.5	55
봉화	1586.1	2	10.0	31	2	9.6	52	0	0.0	50	1	4.8	52	2	10.0	42	2	8.4	58
부산	792.8	0	0.0	32	2	16.0	39	1	8.0	42	2	15.4	52	0	0.0	49	2	11.8	63
부안	1855.5	2	6.9	51	1	2.5	65	5	13.7	61	0	0.0	57	2	7.0	44	1	3.2	54
부여	1668.5	2	10.0	38	1	4.6	54	1	4.8	52	1	4.7	53	2	10.0	41	1	4.7	53
북강릉	734.4	2	13.3	32	2	13.3	36	0	0.0	41	0	0.0	50	2	13.3	46	2	10.9	59
북창원	565.2	1	8.0	34	2	14.7	54	1	8.0	47	0	0.0	52	1	8.0	47	2	13.4	58
북춘천	1353.8	3	10.5	35	4	14.0	38	0	0.0	47	0	0.0	49	3	10.5	45	4	12.9	54
사리원	3302.4	2	6.0	48	2	5.9	51	4	10.8	55	0	0.0	60	2	5.4	55	2	1.2	69
산청	955.7	0	0.0	36	1	7.2	55	1	8.0	47	3	23.0	52	0	0.0	47	1	6.9	57
삼지연	5247.0	0	0.0	35	1	2.8	42	7	19.4	48	1	2.2	60	0	0.0	60	1	0.6	72
상주	1054.5	2	10.0	38	3	15.0	46	0	0.0	39	0	0.0	57	2	10.0	36	3	12.0	60
서귀포	758.8	0	0.0	50	3	18.2	62	2	14.7	54	0	0.0	60	0	0.0	59	3	18.2	62
서산	4494.8	2	3.8	47	3	5.8	46	6	11.5	39	0	0.0	50	2	3.8	41	3	5.2	55
서울	1423.5	0	0.0	37	0	0.0	39	1	7.0	40	4	28.0	48	0	0.0	44	0	0.0	54
선봉	6796.1	6	8.0	32	3	4.0	37	0	0.0	47	0	0.0	60	6	5.6	65	3	0.8	84

지역	면적 (km ²)	1월			2월			3월			4월			5월			6월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
성산	869.2	0	0.0	57	0	0.0	64	4	36.8	54	0	0.0	62	0	0.0	59	0	0.0	63
속초	1767.0	2	7.0	35	2	7.0	41	0	0.0	35	4	13.2	53	2	7.0	40	2	5.3	62
수원	2403.8	1	3.3	38	2	6.7	40	1	3.3	41	4	13.3	48	1	3.3	43	2	6.1	54
수풍	3804.6	2	5.0	27	2	5.0	30	6	15.0	35	0	0.0	44	2	5.0	43	2	3.9	61
순창군	1017.0	2	11.7	42	1	4.4	62	1	5.6	52	0	0.0	54	2	11.7	45	1	5.1	56
순천	1457.2	1	5.8	42	1	5.5	53	1	5.8	44	2	9.8	58	1	5.8	47	1	3.9	67
신계	4809.1	1	2.8	37	1	2.8	38	2	5.6	46	4	10.9	51	1	2.8	48	1	2.2	61
신의주	3537.3	0	0.0	31	4	20.0	36	2	10.0	46	0	0.0	59	0	0.0	57	4	4.0	75
신포	3626.9	2	5.0	58	2	4.1	66	2	1.2	74	2	1.2	78	2	1.2	81	2	1.2	92
안동	1333.6	1	5.0	35	2	10.0	39	1	5.0	42	2	9.8	51	1	5.0	44	2	8.4	58
안주	5685.3	2	3.1	28	4	6.3	32	6	9.4	36	2	3.1	45	2	3.1	40	4	5.5	56
양덕	6977.3	1	2.2	33	2	4.4	35	1	2.2	40	4	8.9	46	1	2.2	45	2	3.7	58
양산시	1048.0	1	5.8	34	1	5.3	55	1	5.8	47	2	11.7	50	1	5.8	45	1	4.8	59
양평	1651.8	1	5.8	32	2	11.7	47	1	5.8	48	1	5.8	49	1	5.8	37	2	10.7	54
여수	1450.0	0	0.0	37	0	0.0	40	1	8.8	41	3	24.7	53	0	0.0	47	0	0.0	62
영광군	2543.6	0	0.0	59	3	7.4	67	5	17.6	53	0	0.0	58	0	0.0	47	3	9.7	57
영덕	1383.1	1	7.0	35	1	6.7	52	1	7.0	47	1	6.6	53	1	7.0	44	1	5.9	58
영월	1096.2	0	0.0	35	2	14.0	46	1	7.0	43	2	12.3	56	0	0.0	42	2	11.8	58
영주	1460.4	0	0.0	36	2	12.9	54	1	6.9	51	2	12.9	54	0	0.0	40	2	11.8	58
영천	1404.3	1	5.8	33	1	5.3	55	1	5.8	50	2	11.0	53	1	5.8	41	1	5.0	57
완도	2745.1	1	3.3	48	2	5.3	60	5	16.7	49	0	0.0	61	1	3.3	47	2	4.5	66
용연	4297.8	1	2.9	54	4	12.0	52	2	5.5	56	0	0.0	63	1	2.5	60	4	2.5	72
울릉도	362.3	2	4.0	71	0	0.0	66	0	0.0	50	0	0.0	50	2	20.0	48	0	0.0	62
울산	1460.1	2	10.0	32	2	10.0	38	0	0.0	42	1	4.9	51	2	10.0	47	2	7.6	62
울진	1346.5	1	7.0	36	1	7.0	46	1	7.0	41	1	6.0	57	1	7.0	44	1	5.3	62

지역	면적 (km ²)	1월			2월			3월			4월			5월			6월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
원산	4498.9	2	5.6	26	4	11.1	31	1	2.8	35	0	0.0	43	2	5.6	45	4	8.0	64
원주	1640.8	2	8.8	37	3	13.1	46	1	4.4	41	0	0.0	54	2	8.8	42	3	11.6	56
의령군	1103.0	2	10.0	34	3	13.8	54	0	0.0	46	0	0.0	51	2	10.0	47	3	12.6	58
의성	1382.5	0	0.0	33	1	8.6	51	1	8.8	47	2	15.8	55	0	0.0	41	1	7.9	55
이천	1795.6	0	0.0	37	2	14.0	44	1	7.0	39	2	13.7	51	0	0.0	41	2	13.2	53
인제	2781.9	0	0.0	31	3	15.0	45	1	4.9	51	2	9.4	53	0	0.0	40	3	12.6	58
인천	2487.8	2	5.5	38	2	5.5	39	4	10.9	42	1	2.7	49	2	5.5	45	2	4.8	56
임실	781.0	0	0.0	40	1	8.4	58	1	9.4	53	2	18.4	54	0	0.0	46	1	8.6	57
장수	1097.1	0	0.0	39	0	0.0	58	0	0.0	52	4	31.5	55	0	0.0	45	0	0.0	58
장전	3456.3	1	3.8	32	3	11.3	40	1	3.8	47	2	7.1	53	1	3.6	52	3	2.3	68
장진	6563.9	2	3.3	27	5	8.3	36	1	1.7	39	2	3.0	55	2	3.2	52	5	1.7	73
장흥	1154.5	2	8.8	41	2	6.5	63	2	8.6	51	0	0.0	55	2	8.8	48	2	6.8	61
전주	1433.3	1	5.8	47	1	5.8	48	1	5.8	43	2	11.4	51	1	5.8	45	1	4.8	59
정선군	1529.7	2	8.8	32	1	4.4	49	1	4.4	50	2	8.4	52	2	8.8	41	1	3.6	59
정읍	795.1	2	13.3	47	2	11.5	57	0	0.0	47	0	0.0	56	2	13.3	42	2	10.4	61
제주	1202.4	0	0.0	71	3	15.5	63	2	13.2	53	0	0.0	56	0	0.0	56	3	4.2	69
제천	1056.5	1	7.0	30	2	13.7	51	1	7.0	50	0	0.0	53	1	7.0	40	2	11.8	58
중강	3435.6	2	6.0	35	3	9.0	43	1	3.0	46	2	5.2	57	2	5.3	56	3	1.8	72
진도군	3128.8	1	3.4	55	4	11.1	63	2	7.5	50	0	0.0	60	1	3.8	47	4	10.8	64
진주	1344.1	0	0.0	35	2	14.0	46	1	7.0	42	2	12.0	57	0	0.0	44	2	10.1	64
창원	787.7	2	11.4	34	3	17.1	38	0	0.0	42	0	0.0	52	2	11.4	49	3	12.7	63
천안	2162.5	0	0.0	42	1	5.0	50	1	5.0	41	4	17.6	56	0	0.0	41	1	4.1	59
철원	1830.3	4	8.8	40	4	8.8	46	2	4.4	39	2	4.3	51	4	8.8	42	4	7.4	58
청송군	1655.5	2	11.7	33	1	5.3	55	0	0.0	51	1	5.5	53	2	11.7	42	1	5.3	55
청주	1110.9	0	0.0	45	1	7.0	44	1	7.0	41	3	21.0	50	0	0.0	44	1	6.2	56

지역	면적 (km ²)	1월			2월			3월			4월			5월			6월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
청진	8802.4	3	3.2	34	5	5.4	35	3	3.2	38	0	0.0	51	3	2.6	59	5	1.1	78
추풍령	1532.8	2	10.0	39	2	9.8	51	1	5.0	42	0	0.0	59	2	10.0	40	2	7.6	62
춘천	952.4	2	11.4	37	3	17.1	42	0	0.0	35	0	0.0	49	2	11.4	44	3	15.4	55
충주	1920.1	2	8.8	39	4	17.5	49	0	0.0	39	0	0.0	56	2	8.8	40	4	14.4	59
태백	1397.2	2	10.0	33	2	10.0	48	0	0.0	48	1	4.9	51	2	10.0	41	2	8.4	58
통영	1868.8	2	10.0	35	2	10.0	48	1	5.0	42	0	0.0	57	2	10.0	45	2	6.8	66
파주	1047.3	0	0.0	36	0	0.0	45	1	8.8	41	3	26.3	50	0	0.0	43	0	0.0	55
평강	4178.6	2	4.5	35	4	9.1	37	1	2.3	44	2	4.5	50	2	4.5	47	4	7.6	58
평양	4974.0	2	4.5	43	2	4.5	45	4	8.9	51	1	1.7	63	2	3.9	57	2	0.9	73
포항	1598.9	2	11.7	32	1	5.8	38	0	0.0	43	1	5.7	51	2	11.7	46	1	4.6	61
풍산	7451.8	2	2.9	27	3	4.3	37	4	5.7	45	3	3.8	56	2	2.5	56	3	0.9	73
함양군	644.8	0	0.0	39	0	0.0	56	1	10.0	48	3	27.6	54	0	0.0	46	0	0.0	56
함흥	4754.1	2	4.5	26	4	9.1	32	1	2.3	38	2	4.5	47	2	4.5	49	4	1.8	69
합천	1456.8	2	10.0	34	3	13.8	54	0	0.0	47	0	0.0	51	2	10.0	45	3	12.9	57
해남	735.4	0	0.0	51	0	0.0	66	4	35.2	56	0	0.0	57	0	0.0	49	0	0.0	58
해주	5236.0	2	4.2	43	3	6.3	43	5	10.2	51	0	0.0	55	2	3.9	53	3	1.3	68
해산	6061.0	2	2.7	31	3	4.0	38	5	6.7	40	3	4.0	50	2	2.6	52	3	0.8	68
홍성	1791.5	2	8.8	45	2	8.8	50	1	4.4	50	1	4.2	52	2	8.8	49	2	7.4	58
홍천	1838.4	2	7.8	29	3	11.7	46	1	3.9	49	1	3.7	53	2	7.8	38	3	11.2	52
흑산도	1591.8	5	8.3	67	4	8.4	58	0	0.0	48	0	0.0	58	5	11.5	54	4	6.6	67
회천	8953.4	0	0.0	34	3	5.0	42	2	3.2	52	4	4.9	63	0	0.0	60	3	1.0	76

<표 3-11> 7월 ~ 12월 촬영면적 대비 비율(%)

지역	면적 (km ²)	7월			8월			9월			10월			11월			12월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
강계	9297.0	2	0.4	69	5	3.3	67	2	1.9	52	4	4.0	45	2	2.0	50	5	5.0	45
강릉	437.4	0	0.0	66	1	5.2	61	2	9.3	65	1	6.7	47	0	0.0	43	1	6.7	37
강진군	733.9	3	6.0	71	0	0.0	60	0	0.0	67	1	10.0	45	3	30.0	43	0	0.0	53
강화	2106.8	4	8.1	63	1	2.7	51	2	4.7	57	2	5.5	39	4	10.9	44	1	2.7	43
개성	2196.2	1	0.7	76	3	7.6	62	2	5.7	57	1	3.3	43	1	3.3	49	3	10.0	42
거제	1118.2	0	0.0	68	0	0.0	58	2	2.3	68	2	11.7	45	0	0.0	39	0	0.0	43
거창	1487.0	1	1.2	73	1	4.4	62	1	1.2	69	2	11.7	48	1	5.8	43	1	5.8	46
경주시	1190.1	0	0.0	71	2	7.0	60	2	1.8	72	2	8.8	49	0	0.0	40	2	8.8	41
고산	790.5	0	0.0	69	0	0.0	56	0	0.0	64	3	40.0	48	0	0.0	48	0	0.0	75
고창	677.9	8	5.3	70	0	0.0	59	1	2.5	63	2	6.7	48	8	26.7	48	0	0.0	62
고흥	3044.0	1	0.8	70	1	3.0	60	2	5.0	67	2	7.5	43	1	3.8	41	1	3.8	48
광양시	1141.5	1	1.4	70	4	21.3	62	0	0.0	67	0	0.0	46	1	7.0	40	4	28.0	43
광주	1677.6	2	5.8	67	0	0.0	57	2	7.2	59	2	8.8	47	2	8.8	47	0	0.0	53
구미	1696.9	1	0.9	69	0	0.0	61	2	6.0	66	3	13.1	48	1	4.4	45	0	0.0	42
구성	5829.9	5	1.9	68	0	0.0	60	2	3.8	43	4	7.7	36	5	9.6	45	0	0.0	38
군산	1494.7	4	9.2	67	0	0.0	57	2	5.6	60	2	7.0	46	4	14.0	45	0	0.0	52
금산	1908.6	1	4.8	66	4	23.0	59	0	0.0	63	0	0.0	52	1	7.0	47	4	28.0	45
김척	7434.5	7	2.5	76	0	0.0	73	0	0.0	57	4	7.3	44	7	12.7	50	0	0.0	37
김해시	478.9	1	2.7	72	1	10.7	60	0	0.0	70	1	13.3	44	1	13.3	39	1	13.3	41
남원	1058.7	1	1.8	73	3	19.4	63	0	0.0	66	0	0.0	50	1	8.8	47	3	26.3	50
남포	3508.2	5	3.3	74	0	0.0	62	0	0.0	57	4	13.3	49	5	15.3	54	0	0.0	46
남해	1267.5	1	1.8	68	3	22.1	58	0	0.0	69	1	8.8	46	1	8.8	41	3	26.3	44
대관령	1579.3	1	0.9	69	2	6.1	65	2	1.8	68	1	4.3	51	1	4.4	45	2	8.8	39

지역	면적 (km ²)	7월			8월			9월			10월			11월			12월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
대구	1769.1	1	4.0	66	1	5.1	56	1	4.4	62	2	11.7	47	1	5.8	43	1	5.8	39
대전	1339.7	1	4.8	66	4	24.6	56	0	0.0	54	0	0.0	45	1	7.0	48	4	28.0	47
동두천	1607.2	1	4.1	65	4	20.5	56	0	0.0	58	1	5.8	42	1	5.8	44	4	23.3	40
동해	1119.5	1	3.4	66	1	3.9	61	2	6.6	67	1	5.0	46	1	5.0	44	1	5.0	37
목포	3028.3	5	13.5	64	0	0.0	53	0	0.0	57	3	11.3	49	5	18.0	52	0	0.0	60
문경	1438.8	0	0.0	68	0	0.0	61	2	6.8	66	3	15.0	47	0	0.0	45	0	0.0	40
밀양	1620.2	1	1.0	72	2	7.8	61	1	1.0	70	2	10.0	45	1	5.0	40	2	10.0	41
보령	2618.1	5	3.0	68	0	0.0	55	2	4.8	60	1	3.0	45	5	15.0	45	0	0.0	57
보성군	962.1	1	1.3	72	0	0.0	60	2	9.1	66	1	6.7	46	1	6.7	42	0	0.0	47
보은	1428.4	1	1.2	69	1	4.6	61	1	4.3	63	2	11.4	51	1	5.8	46	1	5.8	42
봉화	1586.1	0	0.0	72	1	3.5	65	2	2.0	70	2	9.8	51	0	0.0	45	1	5.0	40
부산	792.8	1	5.9	63	2	15.0	53	0	0.0	64	2	16.0	46	1	8.0	41	2	16.0	34
부안	1855.5	5	11.9	66	0	0.0	58	2	5.3	62	1	3.5	49	5	17.5	49	0	0.0	61
부여	1668.5	1	3.5	65	1	4.3	57	2	8.2	59	1	5.0	46	1	5.0	45	1	5.0	47
북강릉	734.4	0	0.0	67	0	0.0	64	2	10.7	60	2	13.3	50	0	0.0	46	0	0.0	36
북창원	565.2	1	1.6	73	0	0.0	59	1	1.6	69	2	16.0	45	1	8.0	41	0	0.0	42
북춘천	1353.8	0	0.0	67	0	0.0	65	3	9.0	57	4	13.7	51	0	0.0	47	0	0.0	47
사리원	3302.4	4	2.4	80	0	0.0	69	2	4.8	60	2	5.4	55	4	10.1	58	0	0.0	52
산청	955.7	1	1.6	73	3	18.2	62	0	0.0	69	1	8.0	46	1	8.0	43	3	24.0	46
삼지연	5247.0	7	3.9	72	1	0.6	73	0	0.0	55	1	2.8	47	7	19.4	50	1	2.8	45
상주	1054.5	0	0.0	68	0	0.0	61	2	7.0	65	3	15.0	48	0	0.0	44	0	0.0	40
서귀포	758.8	2	3.2	68	0	0.0	58	0	0.0	66	3	24.0	43	2	16.0	45	0	0.0	65
서산	4494.8	6	2.3	71	0	0.0	54	2	3.8	51	3	5.8	46	6	10.8	53	0	0.0	51
서울	1423.5	1	1.4	69	4	23.5	58	0	0.0	51	0	0.0	41	1	7.0	47	4	28.0	42

지역	면적 (km ²)	7월			8월			9월			10월			11월			12월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
선봉	6796.1	0	0.0	82	0	0.0	79	6	7.5	53	3	4.0	44	0	0.0	45	0	0.0	36
성산	869.2	4	8.0	73	0	0.0	57	0	0.0	68	0	0.0	50	4	39.2	51	0	0.0	72
속초	1767.0	0	0.0	64	4	12.0	57	2	5.5	61	2	7.0	45	0	0.0	43	4	14.0	37
수원	2403.8	1	2.2	67	4	11.7	56	1	3.2	52	2	6.7	42	1	3.3	46	4	13.3	42
수풍	3804.6	6	3.0	70	0	0.0	63	2	5.0	50	2	5.0	43	6	15.0	48	0	0.0	42
순창군	1017.0	1	1.2	69	0	0.0	61	2	8.2	65	1	5.7	51	1	5.8	46	0	0.0	50
순천	1457.2	1	1.2	73	2	9.1	61	1	3.9	67	1	5.8	49	1	5.8	45	2	11.7	47
신계	4809.1	2	1.1	79	4	7.6	66	1	2.7	52	1	2.8	41	2	5.4	51	4	11.1	45
신의주	3537.3	2	2.0	83	0	0.0	70	0	0.0	57	4	18.8	53	2	9.2	54	0	0.0	41
신포	3626.9	2	1.2	93	2	1.2	91	2	1.2	79	2	1.2	73	2	1.2	74	2	4.7	61
안동	1333.6	1	3.4	66	2	8.4	58	1	3.7	63	2	9.6	52	1	5.0	50	2	10.0	41
안주	5685.3	6	1.9	68	2	2.6	59	2	3.1	42	4	6.3	38	6	9.4	48	2	3.1	39
양덕	6977.3	1	0.4	73	4	6.4	64	1	2.1	52	2	4.4	45	1	2.2	50	4	8.9	47
양산시	1048.0	1	1.2	74	2	9.3	60	1	1.2	71	1	5.8	46	1	5.8	38	2	11.7	41
양평	1651.8	1	1.2	68	1	4.9	58	1	4.4	62	2	11.7	49	1	5.8	45	1	5.8	43
여수	1450.0	1	6.8	61	3	26.3	47	0	0.0	59	0	0.0	43	1	8.8	41	3	26.3	38
영광군	2543.6	5	3.8	68	0	0.0	58	0	0.0	64	3	11.3	49	5	18.8	49	0	0.0	67
영덕	1383.1	1	4.8	66	1	5.9	58	1	1.4	71	1	7.0	46	1	7.0	43	1	7.0	42
영월	1096.2	1	1.4	71	2	10.1	64	0	0.0	67	2	12.3	56	1	7.0	46	2	14.0	41
영주	1460.4	1	1.4	68	2	10.1	64	0	0.0	67	2	13.4	52	1	7.0	45	2	14.0	43
영천	1404.3	1	1.2	69	2	9.1	61	1	1.2	69	1	5.8	46	1	5.8	42	2	11.7	41
완도	2745.1	5	3.3	73	0	0.0	59	1	2.2	67	2	6.7	46	5	16.7	44	0	0.0	56
용연	4297.8	2	1.3	83	0	0.0	68	1	2.2	65	4	11.3	55	2	4.5	64	0	0.0	62
울릉도	362.3	0	0.0	65	0	0.0	62	2	13.6	66	0	0.0	58	0	0.0	65	0	0.0	71

지역	면적 (km ²)	7월			8월			9월			10월			11월			12월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
울산	1460.1	0	0.0	64	1	4.7	53	2	6.8	66	2	10.0	48	0	0.0	43	1	5.0	36
울진	1346.5	1	4.6	67	1	5.5	61	1	1.4	69	1	7.0	46	1	7.0	44	1	7.0	39
완산	4498.9	1	1.8	67	0	0.0	67	2	5.0	55	4	11.1	45	1	2.8	43	0	0.0	31
원주	1640.8	1	0.9	68	0	0.0	62	2	6.3	64	3	13.1	50	1	4.4	44	0	0.0	45
의령군	1103.0	0	0.0	71	0	0.0	60	2	2.0	68	3	15.0	44	0	0.0	43	0	0.0	41
의성	1382.5	1	6.1	65	2	13.7	61	0	0.0	67	1	8.8	50	1	8.8	46	2	17.5	40
이천	1795.6	1	1.4	69	2	12.0	57	0	0.0	61	2	14.0	49	1	7.0	44	2	14.0	42
인제	2781.9	1	1.0	70	2	7.4	63	0	0.0	64	3	13.2	56	1	5.0	48	2	10.0	42
인천	2487.8	4	2.2	68	1	2.3	58	2	5.2	52	2	5.5	43	4	10.9	48	1	2.7	43
임실	781.0	1	2.0	70	2	15.6	61	0	0.0	65	1	9.8	51	1	10.0	45	2	20.0	49
장수	1097.1	0	0.0	70	4	25.9	63	0	0.0	67	0	0.0	54	0	0.0	48	4	35.0	48
장전	3456.3	1	0.8	75	2	1.5	75	1	2.9	62	3	11.0	51	1	3.8	48	2	7.5	37
장진	6563.9	1	0.3	76	2	0.7	79	2	0.7	68	5	7.5	55	1	1.6	51	2	3.3	40
장흥	1154.5	2	1.8	71	0	0.0	61	2	6.0	66	2	8.8	46	2	8.8	42	0	0.0	50
전주	1433.3	1	3.9	67	2	10.0	57	1	5.3	55	1	5.8	47	1	5.8	47	2	11.4	51
정선군	1529.7	1	0.9	74	2	6.0	66	2	1.8	70	1	3.8	57	1	4.4	48	2	8.8	40
정읍	795.1	0	0.0	71	0	0.0	60	2	10.4	61	2	13.3	49	0	0.0	45	0	0.0	55
제주	1202.4	2	11.2	60	0	0.0	53	0	0.0	68	3	18.1	57	2	11.2	60	0	0.0	73
제천	1056.5	1	1.4	69	0	0.0	62	1	4.9	65	2	13.4	52	1	7.0	44	0	0.0	41
중강	3435.6	1	0.6	72	2	1.2	76	2	4.7	61	3	9.0	49	1	2.6	57	2	5.9	51
진도군	3128.8	2	1.5	70	0	0.0	57	1	2.6	65	4	15.0	46	2	7.5	46	0	0.0	64
진주	1344.1	1	1.4	73	2	11.2	60	0	0.0	68	2	14.0	44	1	7.0	40	2	14.0	42
창원	787.7	0	0.0	65	0	0.0	54	2	8.5	63	3	17.1	44	0	0.0	41	0	0.0	36
천안	2162.5	1	1.0	69	4	16.8	58	0	0.0	60	1	5.0	45	1	5.0	43	4	20.0	43

지역	면적 (km ²)	7월			8월			9월			10월			11월			12월		
		촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)	촬영 일수(일)	면적 대비(%)	전운량 (%)
철원	1830.3	2	0.9	68	2	3.6	59	4	7.2	59	4	8.8	45	2	4.4	44	2	4.4	41
청송군	1655.5	0	0.0	70	1	4.6	61	2	2.3	70	1	5.4	54	0	0.0	48	0	0.0	40
청주	1110.9	1	1.4	69	3	17.2	59	0	0.0	55	1	7.0	45	1	7.0	47	3	21.0	47
청진	8802.4	3	0.6	75	0	0.0	74	3	3.2	50	5	5.4	40	3	3.2	47	0	0.0	38
추풍령	1532.8	1	1.0	71	0	0.0	61	2	7.0	65	2	10.0	49	1	5.0	44	0	0.0	42
춘천	952.4	0	0.0	73	0	0.0	54	2	11.0	52	3	17.1	36	0	0.0	70	0	0.0	46
충주	1920.1	0	0.0	70	0	0.0	60	2	6.3	64	4	17.2	51	0	0.0	44	0	0.0	44
태백	1397.2	0	0.0	72	1	3.4	66	2	2.0	72	2	9.4	53	0	0.0	43	1	5.0	39
통영	1868.8	1	1.0	70	0	0.0	57	2	2.0	68	2	10.0	44	1	5.0	40	0	0.0	44
파주	1047.3	1	6.1	65	3	24.2	54	0	0.0	57	0	0.0	42	1	8.8	42	3	26.3	39
평강	4178.6	1	0.5	75	2	3.4	63	2	4.2	54	4	9.1	43	1	2.3	48	2	4.5	43
평양	4974.0	4	1.8	81	1	0.5	71	2	3.5	62	2	4.4	52	4	8.0	56	1	2.3	48
포항	1598.9	0	0.0	64	1	5.3	55	2	7.9	66	1	5.8	48	0	0.0	44	1	5.8	36
풍산	7451.8	4	1.1	74	3	0.9	76	2	2.4	58	3	4.3	45	4	5.7	41	3	4.3	29
함양군	644.8	1	2.0	74	3	22.8	62	0	0.0	69	0	0.0	48	1	10.0	46	3	30.0	49
함흥	4754.1	1	0.5	70	2	0.9	70	2	4.3	53	4	9.1	43	1	2.3	42	2	4.5	28
합천	1456.8	0	0.0	71	0	0.0	61	2	2.0	69	3	15.0	44	0	0.0	43	0	0.0	42
해남	735.4	4	8.0	69	0	0.0	60	0	0.0	66	0	0.0	48	4	40.0	48	0	0.0	60
해주	5236.0	5	2.1	82	0	0.0	63	2	3.3	60	3	6.3	47	5	10.0	52	0	0.0	47
해산	6061.0	5	1.3	68	3	0.8	70	2	2.5	53	3	4.0	43	5	6.5	51	3	4.0	45
홍성	1791.5	1	3.6	59	1	3.8	57	2	6.8	61	2	8.8	44	1	4.4	44	1	4.2	52
홍천	1838.4	1	0.8	68	1	3.1	60	2	5.9	62	3	10.5	55	1	3.9	48	1	3.9	42
흑산도	1591.8	0	0.0	74	0	0.0	52	5	11.3	55	4	9.8	51	0	0.0	58	0	0.0	70
희천	8953.4	2	0.7	82	4	1.3	74	0	0.0	58	3	4.9	51	2	3.0	55	4	6.7	49

□ 각 지역별로 1월부터 12월까지 구름양을 고려한 촬영 면적은 <표3-12>과 같음

- 부산, 남해, 산청, 김해시, 함양군, 임실, 여수, 파주 지역은 위성 궤도와 구름양을 고려하였을 때 12월까지 영상획득이 가능한 것으로 파악
- 함흥, 양덕, 해주, 평양, 용연, 김책, 해산, 풍산, 울릉도, 장진, 강계, 희천, 선봉, 청진, 신포 지역은 1년 동안 해당 지역 영상획득률이 50% 미만인 것으로 파악
- 특히 해산, 풍산, 울릉도, 장진, 강계, 희천, 선봉, 청진, 신포 지역은 영상획득률이 40% 미만 지역으로 해당 지역 영상획득에 3년이 소요되는 것으로 예측
- 이러한 점을 고려할 때 위성 자세의 변동 없이 구름양을 고려하였을 때 국토 1호 위성만을 이용할 경우 한반도 전체 영상을 획득하는데 지역에 따라 최대 3년 정도가 소요되는 것으로 파악
- 국토관측위성 1, 2호 동시에 운영하면 1.5년 이내에 대부분 지역에 대하여 영상을 획득할 수 있는 것으로 나타났으나 입체영상 촬영을 위해서 같은 Ground Track에서 1, 2호의 촬영 각만 다른 경우(예를 들어 국토관측위성 1호는 +20도, 국토관측위성 2호는 -20도일 때)에는 위성을 1기 운영하는 것의 경우로 해당 형태로 국토관측위성 1, 2호를 운영할 경우는 1개의 위성만을 운영하는 것으로 가정해야 함.

<표 3-12> 국토관측위성 1호를 활용한 지역별 영상획득 기간

기 간	지 역	비율(%)	비 고
1년 이내 획득 가능지역	부산, 남해, 산청, 김해, 함양, 임실, 여수, 파주	6.7	
2년 이내 획득 가능지역	동두천, 대전, 이천, 서울, 금산, 청주, 서귀포, 장수, 강진, 광양, 진주, 영주, 영월, 남원, 고창, 성산, 춘천, 안동, 해남, 전주, 대구, 목포, 양평, 천안, 북창원, 인제, 창원, 속초, 밀양, 수원, 보은, 군산, 북강릉, 고산, 양산시, 순천, 홍천, 홍성, 영천, 강릉, 제주, 제천, 영덕, 충주, 정읍, 울진, 거창, 광주, 남포, 부안, 철원, 원주, 북춘천, 부여, 문경, 구미, 강화, 울산, 상주, 영광군, 보성군, 동해, 경주, 추풍령, 장흥, 포항, 신의주, 대관령, 정선군, 합천, 인천, 의령군, 진도군, 봉화, 태백, 개성, 완도, 수풍, 통영, 순창군, 장전, 보령, 신계, 고흥, 거제, 안주, 평가, 흑산도, 구성, 심지연, 중강, 원산, 서산, 사리원, 청송	80.7	
3년 이내 획득 가능지역	함흥, 양덕, 해주, 평양, 용연, 김책	5.0	
4년 이내 획득 가능지역	해산, 풍산, 울릉도, 장진, 강계, 희천, 선봉, 청진, 신포	7.6	

자료: 저자작성

<표 3-13> 지역별 1년 촬영누적 면적 비율(%)

지역 \ 월 누적	1월 누적	2월 누적	3월 누적	4월 누적	5월 누적	6월 누적	7월 누적	8월 누적	9월 누적	10월 누적	11월 누적	12월 누적
강계	2.0	6.0	8.0	12.7	14.7	17.6	18.0	21.3	23.2	27.2	29.2	34.2
강릉	13.3	20.0	20.0	26.4	39.7	45.6	45.6	50.8	60.1	66.8	66.8	73.5
강진군	0.0	7.6	37.0	37.0	37.0	45.0	51.0	51.0	51.0	61.0	91.0	91.0
강화	5.5	10.8	21.7	24.4	29.9	34.8	42.9	45.5	50.2	55.7	66.6	69.3
개성	6.7	10.0	13.3	22.9	29.6	32.1	32.8	40.4	46.1	49.5	52.8	62.8
거제	11.7	22.2	22.2	22.2	33.8	43.4	43.4	43.4	45.7	57.4	57.4	57.4
거창	5.8	17.3	23.1	27.7	33.5	41.7	42.8	47.3	48.4	60.1	65.9	71.8
경주시	8.8	16.6	16.6	24.9	33.6	41.0	41.0	48.0	49.7	58.5	58.5	67.2
고산	0.0	8.0	8.0	8.0	8.0	34.4	34.4	34.4	34.4	74.4	74.4	74.4
고창	3.3	8.6	35.3	35.3	38.6	43.7	49.0	49.0	51.5	58.1	84.8	84.8
고흥	7.5	13.2	17.0	20.6	28.1	33.9	34.7	37.7	42.6	50.1	53.9	57.6
광양시	0.0	0.0	7.0	33.3	33.3	33.3	34.7	56.0	56.0	56.0	63.0	91.0
광주	8.8	17.5	26.3	26.3	35.0	41.3	47.1	47.1	54.3	63.0	71.8	71.8
구미	8.8	21.9	26.3	26.3	35.0	45.2	46.1	46.1	52.1	65.2	69.6	69.6
구성	3.8	11.5	21.2	21.2	25.0	31.5	33.4	33.4	37.2	44.9	54.5	54.5
군산	7.0	13.4	27.4	27.4	34.4	40.3	49.6	49.6	55.2	62.2	76.2	76.2
금산	0.0	0.0	6.9	32.1	32.1	32.1	36.8	59.8	59.8	59.8	66.8	94.8
김책	0.0	7.3	20.0	20.0	20.0	21.5	24.0	24.0	24.0	31.3	44.0	44.0
김해시	0.0	12.5	25.9	39.2	39.2	50.1	52.8	63.5	63.5	76.8	90.1	103.5
남원	0.0	0.0	8.8	30.8	30.8	30.8	32.6	52.0	52.0	52.0	60.7	87.0
남포	0.0	13.3	30.0	30.0	30.0	39.6	42.9	42.9	42.9	56.3	71.6	71.6
남해	0.0	7.9	16.6	33.1	33.1	39.9	41.7	63.7	63.7	72.5	81.2	107.5
대관령	8.8	13.1	17.5	25.6	34.3	37.7	38.6	44.7	46.5	50.8	55.1	63.9
대구	5.8	17.5	23.3	29.1	34.9	44.2	48.2	53.3	57.8	69.4	75.3	81.1
대전	0.0	0.0	7.0	35.0	35.0	35.0	39.8	64.4	64.4	64.4	71.4	99.4
동두천	0.0	5.8	11.7	35.0	35.0	40.1	44.2	64.8	64.8	70.6	76.4	99.8
동해	10.0	15.0	20.0	24.7	34.7	38.5	41.9	45.8	52.4	57.4	62.4	67.4
목포	0.0	10.1	28.9	28.9	28.9	37.2	50.7	50.7	50.7	62.0	80.0	80.0
문경	10.0	24.1	24.1	24.1	34.1	47.9	47.9	47.9	54.7	69.7	69.7	69.7
밀양	5.0	14.8	19.8	29.4	34.4	42.6	43.6	51.4	52.4	62.4	67.4	77.4
보령	6.0	8.5	23.5	23.5	29.5	31.9	34.9	34.9	39.7	42.7	57.7	57.7
보성군	13.3	18.8	25.5	25.5	38.8	44.0	45.3	45.3	54.4	61.1	67.7	67.7

월 누적 지역	1월 누적	2월 누적	3월 누적	4월 누적	5월 누적	6월 누적	7월 누적	8월 누적	9월 누적	10월 누적	11월 누적	12월 누적
보은	5.8	16.1	21.7	27.1	32.9	43.4	44.6	49.1	53.4	64.9	70.7	76.5
봉화	10.0	19.6	19.6	24.4	34.4	42.8	42.8	46.3	48.3	58.1	58.1	63.1
부산	0.0	16.0	24.0	39.4	39.4	51.2	57.1	72.2	72.2	88.2	96.2	112.2
부안	6.9	9.3	23.0	23.0	30.0	33.2	45.1	45.1	50.4	53.9	71.4	71.4
부여	10.0	14.6	19.4	24.1	34.1	38.8	42.3	46.6	54.8	59.8	64.8	69.8
북강릉	13.3	26.7	26.7	26.7	40.0	50.9	50.9	50.9	61.6	74.9	74.9	74.9
북창원	8.0	22.7	30.7	30.7	38.7	52.2	53.8	53.8	55.4	71.4	79.4	79.4
북춘천	10.5	24.5	24.5	24.5	35.0	47.9	47.9	47.9	56.9	70.6	70.6	70.6
사리원	6.0	11.9	22.7	22.7	28.1	29.3	31.7	31.7	36.5	41.9	52.0	52.0
산청	0.0	7.2	15.2	38.2	38.2	45.1	46.7	65.0	65.0	73.0	81.0	105.0
삼지연	0.0	2.8	22.2	24.4	24.4	25.0	28.9	29.4	29.4	32.2	51.7	54.4
상주	10.0	25.0	25.0	25.0	35.0	47.0	47.0	47.0	54.0	69.0	69.0	69.0
서귀포	0.0	18.2	33.0	33.0	33.0	51.2	54.4	54.4	54.4	78.4	94.4	94.4
서산	3.8	9.6	21.2	21.2	25.0	30.2	32.5	32.5	36.3	42.0	52.9	52.9
서울	0.0	0.0	7.0	35.0	35.0	35.0	36.4	59.9	59.9	59.9	66.9	94.9
선봉	8.0	12.0	12.0	12.0	17.6	18.4	18.4	18.4	25.9	29.9	29.9	29.9
성산	0.0	0.0	36.8	36.8	36.8	36.8	44.8	44.8	44.8	44.8	84.0	84.0
속초	7.0	14.0	14.0	27.2	34.2	39.5	39.5	51.5	57.0	64.0	64.0	78.0
수원	3.3	10.0	13.3	26.7	30.0	36.1	38.3	50.1	53.3	59.9	63.3	76.6
수풍	5.0	10.0	25.0	25.0	30.0	33.9	36.9	36.9	41.9	46.9	61.9	61.9
순창군	11.7	16.1	21.7	21.7	33.4	38.5	39.7	39.7	47.8	53.6	59.4	59.4
순천	5.8	11.3	17.2	27.0	32.8	36.6	37.8	46.9	50.8	56.6	62.4	74.1
신계	2.8	5.6	11.1	22.0	24.8	26.9	28.1	35.6	38.3	41.1	46.5	57.6
신의주	0.0	20.0	30.0	30.0	30.0	34.0	36.0	36.0	36.0	54.8	64.0	64.0
신포	5.0	9.1	10.3	11.5	12.7	13.9	15.1	16.3	17.5	18.7	19.9	24.6
안동	5.0	15.0	20.0	29.8	34.8	43.2	46.6	55.0	58.7	68.3	73.3	83.3
안주	3.1	9.4	18.8	21.9	25.0	30.5	32.4	34.9	38.1	44.3	53.7	56.8
양덕	2.2	6.7	8.9	17.8	20.0	23.7	24.2	30.6	32.7	37.2	39.4	48.3
양산시	5.8	11.1	16.9	28.6	34.4	39.2	40.4	49.7	50.9	56.7	62.5	74.2
양평	5.8	17.5	23.3	29.2	35.0	45.7	46.9	51.8	56.2	67.9	73.7	79.6
여수	0.0	0.0	8.8	33.4	33.4	33.4	40.3	66.5	66.5	66.5	75.3	101.5
영광군	0.0	7.4	25.1	25.1	25.1	34.7	38.5	38.5	38.5	49.7	68.5	68.5
영덕	7.0	13.7	20.7	27.3	34.3	40.2	44.9	50.8	52.2	59.2	66.2	73.2
영월	0.0	14.0	21.0	33.3	33.3	45.1	46.5	56.6	56.6	68.9	75.9	89.9

월 누적 지역	1월 누적	2월 누적	3월 누적	4월 누적	5월 누적	6월 누적	7월 누적	8월 누적	9월 누적	10월 누적	11월 누적	12월 누적
영주	0.0	12.9	19.7	32.6	32.6	44.4	45.8	55.9	55.9	69.3	76.3	90.3
영천	5.8	11.1	16.9	27.9	33.7	38.7	39.9	49.0	50.2	56.0	61.8	73.5
완도	3.3	8.7	25.3	25.3	28.7	33.2	36.5	36.5	38.7	45.4	62.1	62.1
용연	2.9	14.9	20.4	20.4	22.9	25.4	26.6	26.6	28.8	40.1	44.6	44.6
울릉도	4.0	4.0	4.0	4.0	24.0	24.0	24.0	24.0	37.6	37.6	37.6	37.6
울산	10.0	20.0	20.0	24.9	34.9	42.5	42.5	47.2	54.0	64.0	64.0	69.0
울진	7.0	14.0	21.0	27.0	34.0	39.3	44.0	49.4	50.8	57.8	64.8	71.8
원산	5.6	16.7	19.4	19.4	25.0	33.0	34.8	34.8	39.8	50.9	53.7	53.7
원주	8.8	21.9	26.3	26.3	35.0	46.6	47.4	47.4	53.7	66.9	71.2	71.2
의령군	10.0	23.8	23.8	23.8	33.8	46.4	46.4	46.4	48.4	63.4	63.4	63.4
의성	0.0	8.6	17.3	33.1	33.1	41.0	47.1	60.7	60.7	69.5	78.2	95.7
이천	0.0	14.0	21.0	34.7	34.7	47.9	49.3	61.3	61.3	75.3	82.3	96.3
인제	0.0	15.0	19.9	29.3	29.3	41.9	42.9	50.3	50.3	63.5	68.5	78.5
인천	5.5	10.9	21.8	24.5	30.0	34.8	37.0	39.3	44.5	50.0	60.9	63.6
임실	0.0	8.4	17.8	36.2	36.2	44.8	46.8	62.4	62.4	72.2	82.2	102.2
장수	0.0	0.0	0.0	31.5	31.5	31.5	31.5	57.4	57.4	57.4	57.4	92.4
장전	3.8	15.0	18.8	25.8	29.4	31.7	32.4	33.9	36.8	47.8	51.5	59.0
장진	3.3	11.7	13.3	16.3	19.5	21.2	21.5	22.2	22.9	30.4	32.0	35.3
장흥	8.8	15.2	23.8	23.8	32.6	39.4	41.1	41.1	47.1	55.8	64.6	64.6
전주	5.8	11.7	17.5	28.9	34.8	39.6	43.4	53.4	58.7	64.5	70.4	81.8
정선군	8.8	13.1	17.5	25.9	34.7	38.2	39.1	45.1	46.8	50.6	55.0	63.7
정읍	13.3	24.8	24.8	24.8	38.1	48.5	48.5	48.5	58.9	72.3	72.3	72.3
제주	0.0	15.5	28.7	28.7	28.7	32.9	44.1	44.1	44.1	62.2	73.4	73.4
제천	7.0	20.7	27.7	27.7	34.7	46.5	47.9	47.9	52.8	66.2	73.2	73.2
중강	6.0	15.0	18.0	23.2	28.4	30.2	30.8	32.0	36.7	45.7	48.3	54.2
진도군	3.4	14.5	22.0	22.0	25.7	36.5	38.0	38.0	40.7	55.7	63.2	63.2
진주	0.0	14.0	21.0	33.0	33.0	43.1	44.5	55.7	55.7	69.7	76.7	90.7
창원	11.4	28.6	28.6	28.6	40.0	52.7	52.7	52.7	61.1	78.3	78.3	78.3
천안	0.0	5.0	10.0	27.6	27.6	31.7	32.7	49.5	49.5	54.5	59.5	79.5
철원	8.8	17.5	21.9	26.2	34.9	42.3	43.1	46.7	53.9	62.7	67.0	71.4
청송군	11.7	16.9	16.9	22.4	34.1	39.3	39.3	43.9	46.2	51.6	51.6	51.6
청주	0.0	7.0	14.0	35.0	35.0	41.2	42.6	59.8	59.8	66.8	73.8	94.8
청진	3.2	8.6	11.8	11.8	14.4	15.5	16.1	16.1	19.4	24.7	27.9	27.9
추풍령	10.0	19.8	24.8	24.8	34.8	42.4	43.4	43.4	50.4	60.4	65.4	65.4

월 누적 지역	1월 누적	2월 누적	3월 누적	4월 누적	5월 누적	6월 누적	7월 누적	8월 누적	9월 누적	10월 누적	11월 누적	12월 누적
춘천	11.4	28.6	28.6	28.6	40.0	55.4	55.4	55.4	66.4	83.5	83.5	83.5
충주	8.8	26.3	26.3	26.3	35.0	49.4	49.4	49.4	55.7	72.8	72.8	72.8
태백	10.0	20.0	20.0	24.9	34.9	43.3	43.3	46.7	48.7	58.1	58.1	63.1
통영	10.0	20.0	25.0	25.0	35.0	41.8	42.8	42.8	44.8	54.8	59.8	59.8
파주	0.0	0.0	8.8	35.0	35.0	35.0	41.1	65.3	65.3	65.3	74.0	100.3
평강	4.5	13.6	15.9	20.5	25.0	32.6	33.1	36.5	40.6	49.7	52.0	56.5
평양	4.5	9.1	18.0	19.7	23.6	24.5	26.3	26.8	30.2	34.6	42.6	44.9
포항	11.7	17.5	17.5	23.2	34.9	39.4	39.4	44.7	52.6	58.5	58.5	64.3
풍산	2.9	7.1	12.9	16.6	19.1	20.0	21.1	22.0	24.4	28.7	34.4	38.7
함양군	0.0	0.0	10.0	37.6	37.6	37.6	39.6	62.4	62.4	62.4	72.4	102.4
함흥	4.5	13.6	15.9	20.5	25.0	26.8	27.3	28.2	32.5	41.5	43.8	48.4
합천	10.0	23.8	23.8	23.8	33.8	46.7	46.7	46.7	48.7	63.7	63.7	63.7
해남	0.0	0.0	35.2	35.2	35.2	35.2	43.2	43.2	43.2	43.2	83.2	83.2
해주	4.2	10.4	20.6	20.6	24.5	25.8	27.9	27.9	31.2	37.5	47.5	47.5
해산	2.7	6.7	13.3	17.3	19.9	20.7	22.0	22.8	25.3	29.3	35.9	39.9
홍성	8.8	17.5	21.9	26.1	34.8	42.2	45.8	49.5	56.4	65.1	69.5	73.7
홍천	7.8	19.4	23.3	27.0	34.8	46.0	46.7	49.9	55.8	66.3	70.2	74.0
흑산도	8.3	16.7	16.7	16.7	28.2	34.8	34.8	34.8	46.0	55.8	55.8	55.8
혁신	0.0	5.0	8.2	13.1	13.1	14.1	14.8	16.1	16.1	21.0	24.0	30.7

자료: 저자작성

(2) 국토관측위성이 자세 변동을 수행할 경우

□ 인공위성 자세 변동에 따른 촬영은 인공위성이 궤도를 지나가는 동안 궤도 내에서 촬영 대상지역을 변경하거나 날씨 등의 이유로 당초 촬영계획 ROI 지역 이외의 지역을 촬영할 때 인공위성의 CMG를 활용하여 자세 변경을 통하여 촬영궤도를 변경하는 것을 의미

- 국토관측위성의 각도 변동에 따른 변동시간은 국토관측위성과 관련된 문서상에 명확히 명시되어 있지 않음

□ 따라서 KOMPSAT-3A 인공위성의 위성 각도에 따른 자세 변동시간을 활용하여 계산

- KOMPSAT-3A 인공위성은 위성 각도 30도 변동할 때 42초가 소요되는 것으로 나타남
- 인공위성이 1도 변동될 때 걸리는 시간을 1.4초로 유추할 수 있으며 국토관측위성의 지상 속도가 초당 7.6km인 것을 고려하면 1도 자세 변동하는 동안 지상 거리로 10.64km를 이동
- 국토관측위성이 궤도에서 30도 지역을 촬영한 후 자세 변동을 통하여 30도 변경한 후 촬영을 한다면 319.20km 이상 이동 후 촬영이 가능
- 또한, 국토관측위성이 자세 보정 후 위성 안정화를 위한 안정화 시간이 12.75초(지상거리 97km)가 필요하다는 것을 고려하면 위성 자세 30도 변경 후에는 416.2km 이동 후 영상획득이 가능<표 3-14>
- 따라서 국토관측위성의 긴급촬영 등의 이유로 애초 ROI 지역 이외의 지역을 촬영할 경우 위성 자세 변경 및 안정화에 필요한 시간으로 인하여 위성영상 획득 시간이 급격히 줄어들 수 있으므로 국토관측위성의 자세 변화 없이 계획된 지역을 지속촬영하는 것이 가장 효율이 높을 것으로 판단
- 계획된 ROI 지역 이외의 지역을 촬영할 경우 국토관측위성 1, 2호의 적절한 조합으로 영상촬영 효율을 극대화할 수 있음.

□ 국토관측위성 자세 변동 각도와 안정화 시간을 고려하여 한반도 지역에 표시하면 <그림 3-16>과 같음

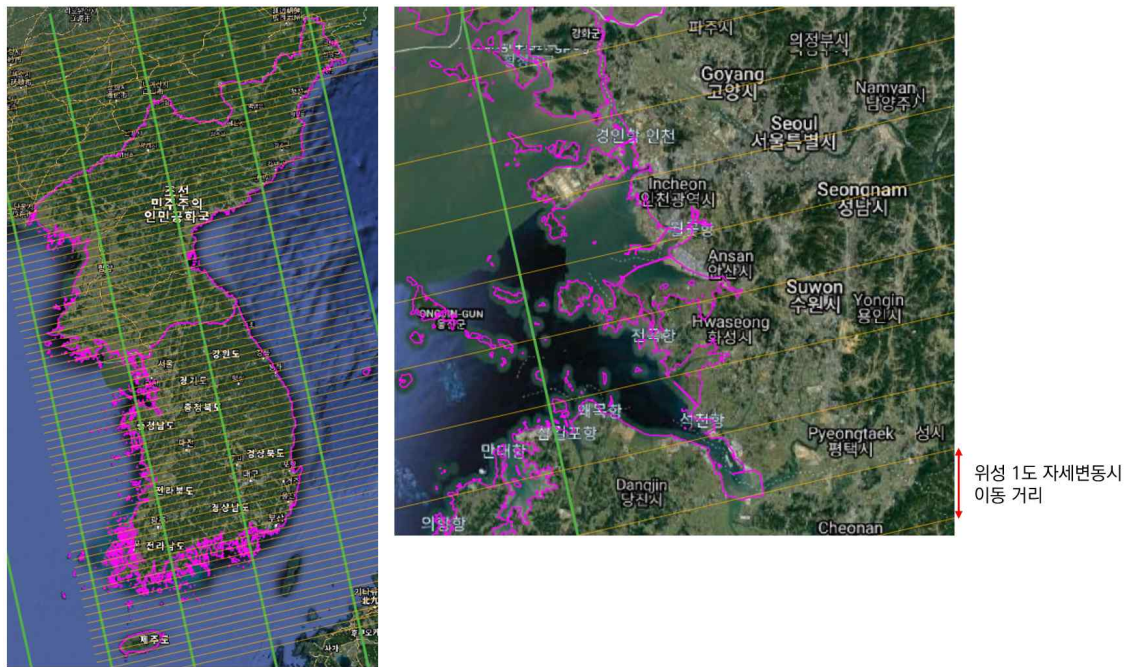
<표 3-14> 위성자세 변동 각도별 소요시간과 이동시간

위성 각도 (°)	자세변동 시간 (초)	위성이동 거리 (km)	위성 각도 (°)	자세변동 시간 (초)	위성이동 거리 (km)
1	1.4	10.64	16	22.4	170.24
2	2.8	21.28	17	23.8	180.88
3	4.2	31.92	18	25.2	191.52
4	5.6	42.56	19	26.6	202.16

위성 각도 (°)	자세변동 시간 (초)	위성이동 거리 (km)	위성 각도 (°)	자세변동 시간 (초)	위성이동 거리 (km)
5	7.0	53.20	20	28.0	212.80
6	8.4	63.84	21	29.4	223.44
7	9.8	74.48	22	30.8	234.08
8	11.2	85.12	23	32.2	244.72
9	12.6	95.76	24	33.6	255.36
10	14.0	106.40	25	35.0	266.00
11	15.4	117.04	26	36.4	276.64
12	16.8	127.68	27	37.8	287.28
13	18.2	138.32	28	39.2	297.92
14	19.6	148.96	29	40.6	308.56
15	21.0	159.60	30	42.0	319.20

자료: 저자작성

<그림 3-16> 국토위성 1도 자세 변화에 따른 이동거리의 예



자료: 저자작성

□ <그림 3-17>은 국토관측위성 자세 변동에 따른 시뮬레이션의 예시

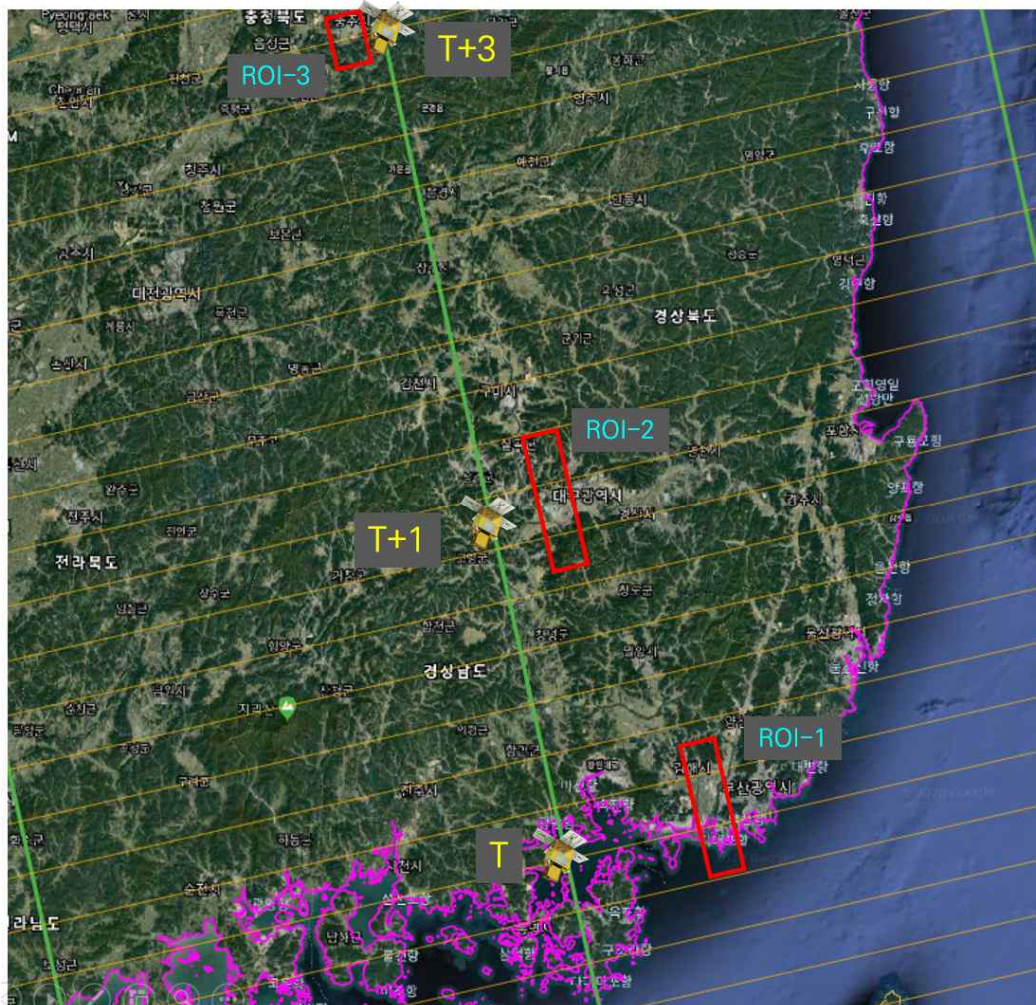
- 국토관측위성은 연직 촬영을 기준으로 1도에서 촬영 가능 폭은 약 8.6km이고, 최대 30일 때 287.4km
- 이 조건을 고려하여 먼저 위성 궤도 T에서 부산광역시(ROI-1)를 촬영하게 되면 위성은 약 6도

의 자세 변경이 필요. 이후 궤도에서 연직으로 촬영하기 위해서는 6도의 자세 변동과 위성 안정화 시간 필요로 인하여 T+1 이후에 촬영이 가능

- 따라서 자세 변동 가능 범위 내에서 대도시인 대구광역시(ROI-2)를 촬영하도록 계획
- ROI-1은 위성 연직 궤도에서 2도 범위로 ROI-1에서는 4도 정도의 자세 변동만 필요하므로 영상획득이 가능. 이후 국토관측위성에서 광역시인 대전광역시를 촬영하고자 하였으나, 대전광역시는 T 궤도에서 약 676km 떨어져 있으므로 연직 궤도에서 7.7도 자세 변동이 필요하므로 T 궤도에서는 ROI-2 지역을 촬영한 후에는 대전광역시 촬영이 불가능
- 따라서 향후 T+3 시간의 궤도 위에서 가장 대도시인 충주시를 ROI-3으로 설정하여 촬영계획을 수립할 수 있음

□ 향후 국토관측위성의 정확한 하드웨어 사양이 공개되어 인공위성 자세 변동에 따른 소요시간, 위성 안정화 시간 등이 정확하게 결정되면 더욱 정확한 시뮬레이션이 가능

<그림 2-17> 촬영 시뮬레이션의 예



자료: 저자작성

2. 국토영상정보 통합플랫폼을 위한 다중영상 모자이크 시험제작

가. 다중영상 모자이크 시험의 필요성

□ 최신 영상정보 기반의 데이터 제공 필요성

- 현재 국토지리정보원은 매년 항공사진 데이터를 취득하고 있으며, 지방자치단체에서도 불법 건축물 판독 및 1/1,000 수치지형도 제작을 위해 고해상도 항공사진을 촬영
- 현재 드론 영상 활용이 지속적으로 확산으로 드론 영상의 확대 및 활용을 위해 다양한 기관에서 드론 영상 관리와 현황 파악을 위한 시스템을 구축하여 운영 중
- 국토지리정보원은 제작된 정사영상을 국토정보플랫폼을 통하여 공개하고 있으나, 전국 통합 정사영상 형태로 구축된 데이터를 매년 고시 이후에 서비스하고 있어 항공사진 촬영 시기와 비교하면 공개 시기가 늦어 활용성이 저하
- 따라서 공간해상도, 센서 종류에 따라 다르게 제작된 정사영상을 모자이크하는 방안이 필요

□ 국토관측위성 활용의 한계

- 국토관측위성은 1, 2호 2개 운영 예정하고 있으나, 광학영상의 특성상 구름이 없는 조건에서만 촬영이 가능하고, 황사, 연무, 박무 등은 영상의 품질을 저하시키는 원인
- 현재 국토관측위성 1, 2호의 운영계획안은 1호와 2호를 180도에 배치하여 같은 시기에 동일 궤도를 지나가도록 운영하게 되어있어 촬영범위에서 날씨가 안 좋으면 2개의 위성을 운영하더라도 효율성이 저하 될 수 있음
- 그럼에도 불구하고 위성영상은 촬영허가의 불필요, 항공기가 촬영할 수 없는 지역에 대한 데이터 획득, 궤도가 지나가는 시기에 짧은 기간에 대용량 데이터를 획득할 수 있다는 다양한 장점으로 인하여 전 세계적으로 고해상도 위성영상의 수요 및 활용은 증대되고 있음
- 국토관측위성과 항공사진(드론사진 포함)은 상호 보완적인 관계로 위성영상이 촬영된 지역의 최신 영상을 항공사진으로 대체할 수 있으며, 반대로 항공사진이 촬영된 지역의 영상을 위성영상을 활용하여 대체가 가능
- 현재 항공사진과 위성영상의 공간해상도, 분광해상도, 주기해상도, 반사특성, 촬영 폭, 촬영 방식 등의 차이로 인하여 동일지역에서 발생하는 최신의 영상을 보완하기 위해서는 다양한 센서 간에 모자이크 방식에 대한 고려가 필요
- 따라서 본 연구에서는 위성영상, 항공사진, 드론 영상을 이용하여 이기종 간에 데이터 모자이크 가능성을 파악하고 발생하는 문제점을 도출하여 제시하고자 함

나. 시범제작 지역 선정 및 활용 데이터

1) 시범지역

□ 시범제작 지역 선정을 위한 조건은 다음과 같음.

- 최근 촬영된 KOMPSAT-3, 3A 영상이 존재해야 함. 현재 국토관측위성은 발사가 되지 않아 운영되지 않고 있으므로 국토관측위성의 공간해상도 등과 유사한 KOMPSAT-3, 3A 영상이 존재해야 함
- 위성영상은 항공사진 촬영시기와 비슷한 시기에 촬영된 영상이어야 하고, 구름 등이 없어야 함
- 항공사진은 최근에 촬영된 항공사진으로 공간해상도 0.51cm 이상의 정사영상으로 좌표정보를 가지고 있어야 함
- 드론 영상은 정사영상으로 제작되어야 하며 드론 영상의 면적은 최소 1km² 이상의 면적을 가지고 있어야 함
- 위성영상 및 항공사진과 가급적 비슷한 시기에 촬영된 영상
- 정사보정 처리를 위한 대상지역에 격자간격 5m × 5m의 수치표고모델(DEM)이 존재하는 지역

□ 시범 대상 지역은 삼척시 일원으로 함

- 시범 대상 지역은 드론영상, 항공사진, 위성영상이 모두 존재하는 삼척시 일원으로 함
- 다중 모자이크 수행 시 이기종 영상 간에 인접 문제에 현황 파악을 위해서 산악지가 다수 분포한 삼척시 일원의 데이터가 실험 조건에 적합

□ 제약 조건

- 데이터를 제공받은 결과 드론 영상과 중복되는 지역의 위성영상은 겨울에 촬영된 영상으로 항공사진과 색상 차이가 다수 발생
- 당초 국토관측위성 활용시스템에서 고해상도 pan-sharpening 된 정밀기하 및 정사보정된 정사영상(L2G)을 받기로 하였으나, 제공받은 데이터는 방사보정만 된 L1R 데이터로 고해상도 영상은 흑백영상만 존재하였으며 별도의 pan-sharpening과 정사영상 제작이 필요하였음
- 상업용 원격탐사 소프트웨어를 활용하여 제작한 pan-sharpening은 활용시스템은 다르게 나타날 수 있다는 점과 정사영상 제작 방법의 차이에 따라 정확도 등이 차이가 발생할 수 있다는 제약사항이 존재함

<그림 3-18> 시범제작지역 현황(강원도 삼척시 일원)



자료: 저자작성

2) 활용 데이터

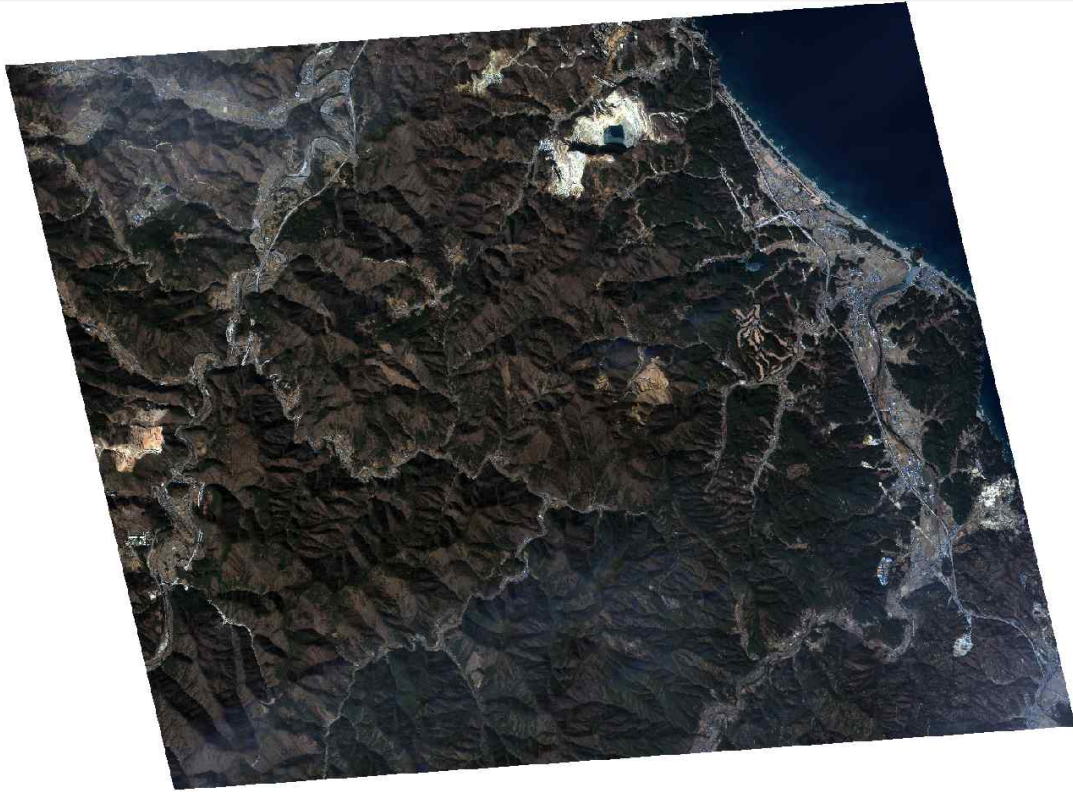
□ 다중 모자이크 테스트를 위해 활용한 데이터는 KOMPSAT-3A, 51cm급 항공사진 영상영상, 공간해상도 7cm 드론 영상 및 수치표고모델을 활용

□ KOMPSAT-3A 영상 현황은 다음과 같음

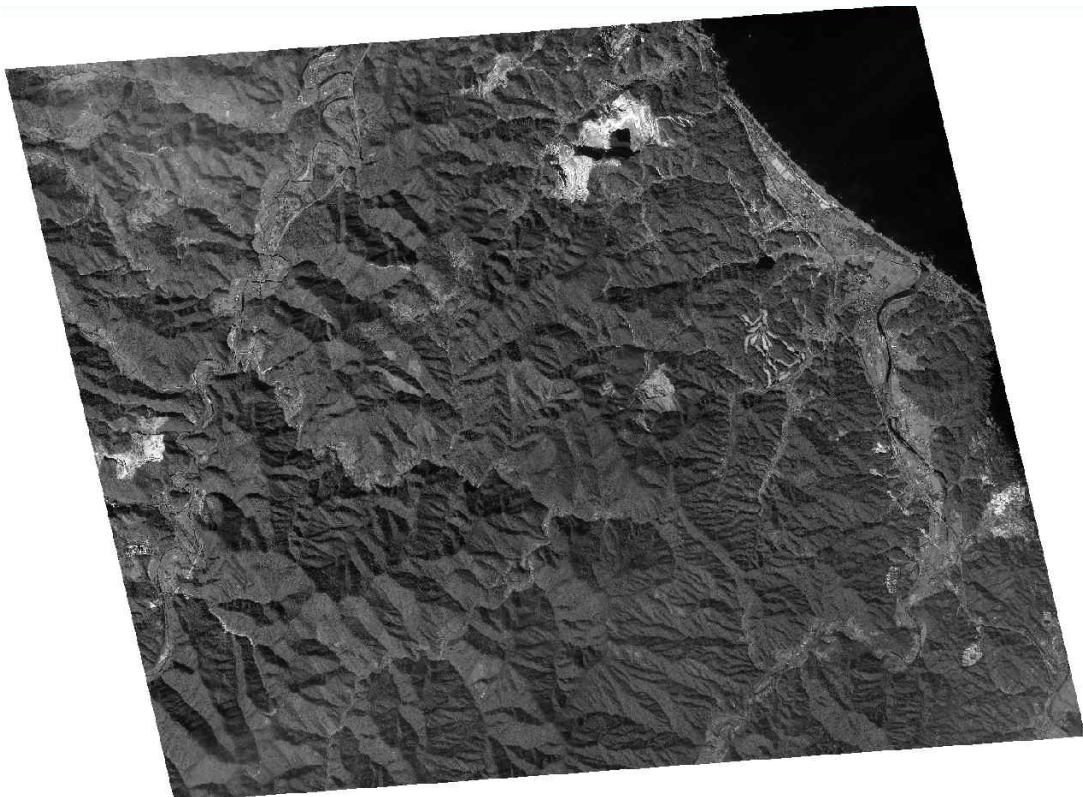
- 앞에서 기술하였듯이 당초 다중 모자이크 실험은 국토위성 활용시스템에서 산출된 고정밀 고해상도 칼러 영상을 이용하여 실험하려고 하였으나, 활용시스템에서 관련 데이터를 제공하지 않아 한국항공우주연구에서 제공한 L1R(방사보정만 처리된 영상)을 활용
- 촬영날짜 : 2018년 2월 16일
- 데이터 처리 단계 L1R
- off Nadir 각도 30.93도
- 방사해상도 16bit
- 0.55m Panchromatic 영상 + 2.2m Multi-spectral 영상
- 대상지역 면적 : 12km × 12km

□ 정사영상 현황은 다음과 같음

<그림 3-19> 대상지역 KOMPSAT-3A 영상현황



<대상지역 KOMPSAT-3A 공간해상도 2.2m 다중분광영상>



<대상지역 KOMPSAT-3A 공간해상도 0.55m 다중분광영상>

- 공간해상도 0.51m 정사보정 영상
- 촬영년도 : 2017년
- 대상지역 면적 : 9km × 9km
- 대상지역 60개의 도엽 번호 : 37909027, 37909028, 37909032, 37909033, 37909034, 37909035, 37909036, 37909037, 37909038, 37909039, 37909043, 37909044, 37909045, 37909046, 37909047, 37909048, 37909049, 37909050, 37909052, 37909053, 37909054, 37909055, 37909056, 37909057, 37909058, 37909059, 37909060, 37909062, 37909063, 37909064, 37909065, 37909066, 37909067, 37909068, 37909069, 37909070, 37909073, 37909074, 37909075, 37909076, 37909077, 37909078, 37909079,

<그림 3-20> 대상지역 정사영상 현황



□ 드론 현황은 다음과 같음

- 공간해상도 0.07m 정사보정 영상
- 촬영년도 : 2019년
- 데이터 면적 약 1.2km × 1.2km

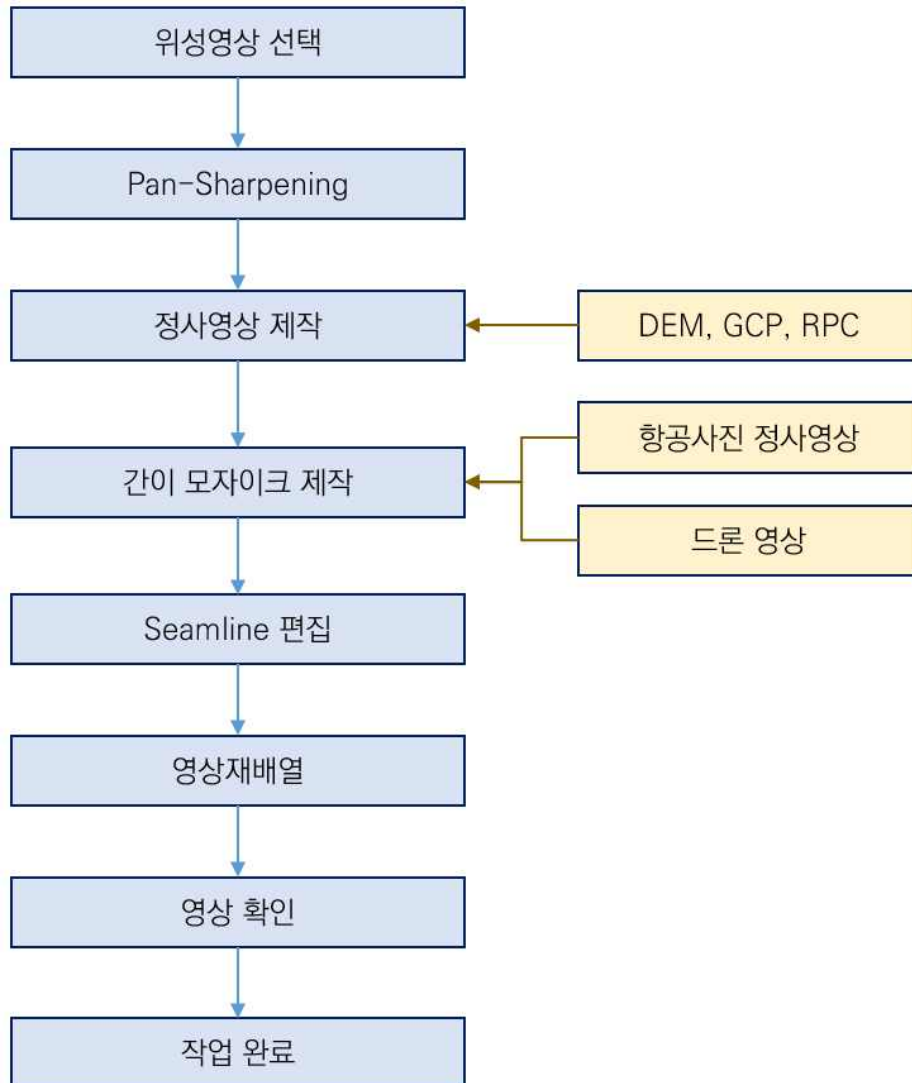
<그림 3-21> 대상지역의 드론 영상



자료: 저자작성

다. 제작 방법

<그림 3-22> 다중 모자이크 영상 제작 순서



자료: 저자작성

□ 위성영상 선택

- 모자이크 실험에 사용될 위성영상을 선택
- 제공된 위성영상은 고해상도 컬러 영상이 아니므로 고해상도 컬러 영상을 수행하기 이전에 밴드별로 나뉘어 있는 천연색 밴드(R, G, B) 영상을 합치는 layer stack 처리 과정을 수행

□ Pan-Sharpener 영상 제작

- Pan-Sharpener는 저해상도 다중분광영상과 고해상도 흑백영상을 융합하여 고해상도 다중분광영상을 생성하는 과정을 말함
- 본 연구에서는 HPF(High Pass Filter) 해상도 융합 기능을 사용하여 고해상도 팬크로매틱 데이

터와 저해상도 멀티 스펙트럼 데이터를 결합, HPF 융합 기법은 원본 멀티 스펙트럼 장면 색상의 뛰어난 디테일과 사실적인 표현을 모두 갖춘 결과물을 얻을 수 있음

- 이 과정은 별도의 고해상도 다중분광영상을 제공하지 않아 수행하는 과정으로 향후 국토위성센터의 활용시스템에서 자동으로 생성되는 과정

<그림 3-23> Pan-Sharpen 결과



<다중분광영상>

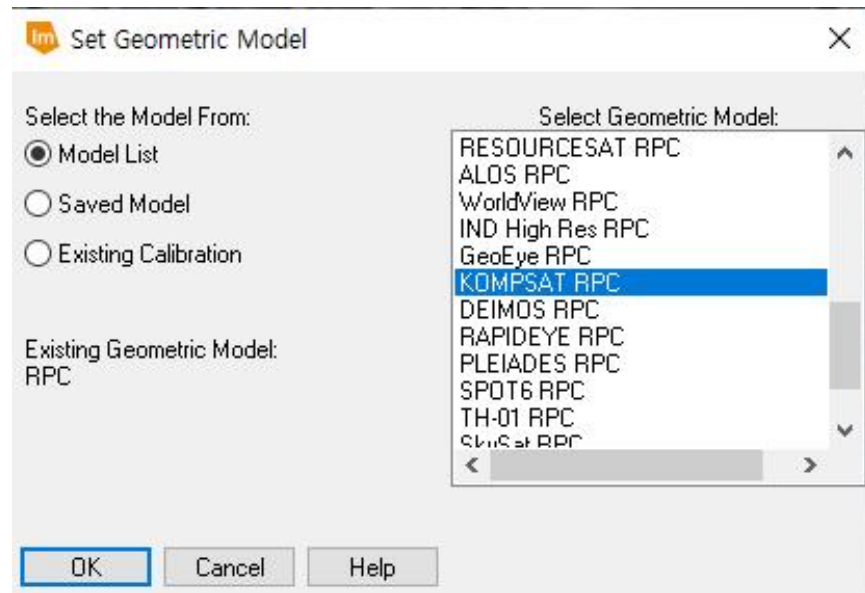


<Pan-Sharpning 영상>

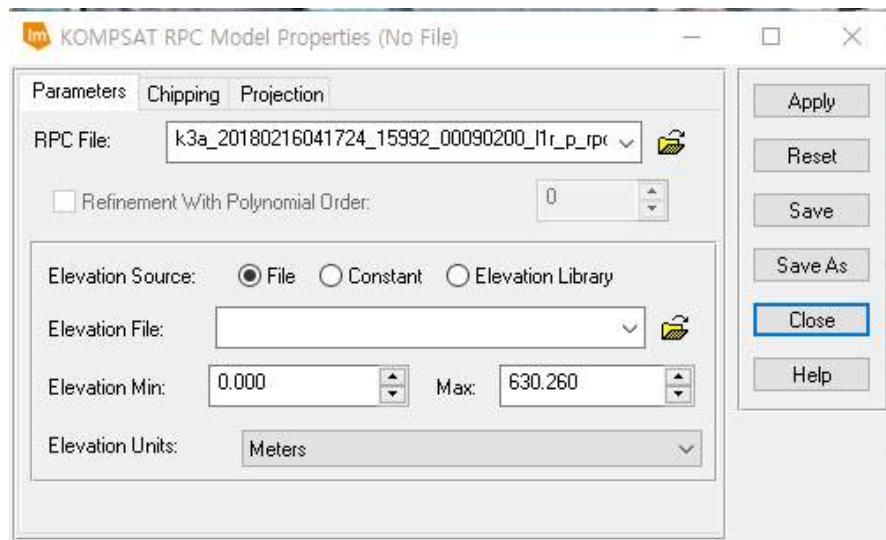
□ 정사영상 제작

- 국토위성활용시스템 상에 정사영상 제작은 작업자가 별도의 작업이 필요없는 자동화 과정으로 나타나 있음
- 그러나 본 연구에서는 정사영상을 제공받지 못해 연구자가 수동으로 정사보정 과정을 수행하여 정사영상을 생성 함
- 위성영상이나 항공사진을 이용하여 정사영상을 제작하기 위해서는 센서 정보와 촬영당시의 센서 위치 등에 대한 정보가 필요
- 현재 대부분의 고해상도 위성영상 운영 회사들은 카메라의 내부 및 외부표정 정보를 제공해 주기 위해 RPC 파일을 제공해 주고 있으며, KOMPSAT-3A 영상도 내부 및 외부표정의 정보를 RPC 파일형태로 제공
- 따라서 정사영상을 제작하기 위해서는 위성영상과 입력과 더불어 RPC 파일을 입력하여 관련 파라미터를 활용할 수 있는 기능이 제공되어야 함
- 본 연구에서는 ERDAS 소프트웨어를 사용하여 KOMPSAT-3A의 정사보정을 수행하였음. ERASD는 <그림 3-24>과 같이 KOMPSAT 이외에 다양한 종류의 PRC 파일을 읽을 수 있도록 개발 됨

<그림 3-24> KOMPSAT-3A 정사영상 제작을 위한 모듈 선택(ERDAS 기준)



<KOMPSAT RPC 기하모델 선택>



<RPC 파일 선택>

- 정사영상 제작시 위성영상의 기복편위를 수정하기 위해서 대상지역의 5m × 5m 격자간격 DEM을 활용하여 기복편위를 수정하는데 활용함
- 지상기준점(GCP)는 직접측량 또는 참조자료를 활용하는 방법이 있으나, 본 연구는 모자이크 가능성 등의 파악에 대한 효율적인 기준점 적용을 위해 참조자료를 사용

- 참조자료는 대상지역의 51cm급 항공사진 정사영상을 활용하여 위치의 기준으로 활용하였음.

□ 간이 모자이크 영상 생성

- 간이 모자이크 영상은 이기종 모자이크 간에 인접한 Seamline(접합선)을 고려하지 않고 모자이크한 영상을 말함
- 간이 모자이크 영상은 건물 등 인공지물이 많은 곳에서는 인접한 영상 간에 한 건물이 두 개로 보이거나 촬영각도에 따라 기울어짐이 달라 보이는 현상이 발생하여 위치정확도 확인으로 활용

□ Seamline 편집

- 모자이크가 생성되면 인접한 영상 간에 접합선을 수정접합선은 중심투영의 특성에 대한 반영이 적은 도로, 농지, 하천 등을 활용하며 건물, 교량 등이 가로질러 인접한 지물은 피하도록 함
- 접합선은 자동 편집과 수동 편집으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 데이터 특성을 파악하기 위해 수동으로 편집한 semaline을 사용

□ 영상 재배열

- 위성영상, 항공사진 및 드론 영상은 공간해상도가 다름. 따라서 영상재배열은 단일한 하나의 공간해상도로 다른 영상들에 대한 영상을 재배열하는 것을 말함
- 본 연구에서는 0.5m의 공간해상도로 영상재배열을 수행하였으며, 재배열된 영상의 품질 확보를 위해 보간법의 방법 중 Cubic convolution 보간법을 사용

라. 시범제작 결과 및 분석

□ 다기종 간 모자이크 작업은 가능

- 위성영상, 항공사진 및 드론 영상을 혼합한 다기종 간에 모자이크는 제작이 가능한 것으로 판단
- <그림 3-25> 및 <그림 3-26>과 같이 다기종 모자이크를 수행하는데 기술적인 문제점은 발생하지 않음
- 다만 그림에서와 같이 위성영상과 항공사진의 촬영 시기(겨울과 여름)에 따라 색상에는 확연한 차이를 보였음. 그러나 최신의 영상을 이용한 지형·지물 파악을 위한 목적에는 문제가 없음

<그림 3-25> 다중모자이크 결과(위성영상 + 항공사진)



자료: 저자작성

<그림 2-26> 다중모자이크 결과(위성영상 + 항공사진 + 드론영상)



자료: 저자작성

<그림 2-27> 다중모자이크 결과(항공사진 + 드론영상(색상보정))



자료: 저자작성

□ 모자이크 간 인접 확인

- 다기종 영상간의 모자이크 영상 활용을 판단할 수 있는 기준은 기술적인 중첩뿐만 아니라 서로 다른 영상이 인접한 지역에서 동일한 사상의 이격을 확인하는 것임
- 영상 사이 접합의 적합성을 판단하기 위해서 동, 서, 남, 북 네 방향의 인접된 사상 중에 도로 사상을 활용하여 인접의 정확도를 판단함
- 먼저 위성영상과 항공사진의 네 방향 접합 비교는 <그림 3-28>와 같음. 그림에서와 같이 서로 다른 영상의 도로가 이격 없이 잘 접합됨

<그림 3-28> 위성영상 정사영상과 항공사진 정사영상간 인접 비교



자료: 저자작성

- 드론영상과 항공사진의 접합성 비교를 위해 마찬가지로 네 방향의 접합선의 일치성을 비교함.

- 드론영상과 항공사진의 정사영상은 본 연구에서 제작하지 않고, 기 제작된 영상을 인수하여 다중 영상 모자이크를 수행함.
- 중첩된 영상은 촬영시기 차이에 따라 색상에 차이는 발생하였으나, 인접한 도로 지물을 확인한 결과 두 영상 사이에 이격 등의 차이는 없음.
- 따라서 위성영상, 항공사진 및 드론 영상을 사용한 다중영상 모자이크의 기술적인 가능성을 확인 함

<그림 3-29> 정사영상과 드론 영상간 인접 비교



□ 격자체계와의 중첩

- 한반도 전체를 관리, 활용 및 배포하기 위한 정사영상은 데이터 용량 등의 문제로 인하여 고 사양의 하드웨어 사용이 필요하며 대용량 데이터의 일부 자료 포맷에서 사용할 수 없거나 공간처리 소프트웨어에서 사용 제한 등의 문제점이 있음.
- 따라서 본 연구(제4장)에서 한반도 정사영상 관리, 활용 및 배포를 위한 격자체계 마련이 필요하며 격자체계의 크기는 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 로 구성됨.
- $2\text{km} \times 2\text{km}$ 크기의 격자를 본 연구 산출물에 적용한 결과는 <그림 3-30>과 같음.
- 정사영상 1도엽의 도곽크기, 대체적인 드론 영상의 크기를 고려할 때 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 의 격자 크기는 한반도 정사영상 관리를 위해 적합한 격자 크기.

<그림 3-30> $2\text{km} \times 2\text{km}$ 격자와 중첩의 예시



자료: 저자작성

□ 향후 과제 도출

- 본 연구에서는 Pan-Sharpener 영상과 정사영상을 직접 제작하여 수행. 따라서 향후 국토위성센터의 활용시스템에서 제작된 산출물을 이용하여 다중위성 모자이크에 대한 연구가 필요.
- 한반도 정사영상의 관리격자 크기인 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 의 격자 단위에서 정사각형 격자 단위의 모자이크 및 접합선 향상 방안에 대한 연구가 필요.
- 계절적 차이에 따른 모자이크 영상 간에 색상 맞춤화를 위해 영상간의 접합선을 자연스럽게 연결해주는 접합선 처리에 관한 별도 연구가 필요

제4장

위성영상시스템 운영 지원

1. 위성영상시스템 운영 모니터링 지원
2. 위성영상시스템 산출물 검증 방안

1. 위성영상시스템 운영 모니터링 지원

가. 위성영상시스템 현황 분석

- 위성영상시스템은 현재 각 시스템별 개발을 마무리하고 시스템 통합을 추진하고 있으며, 현재 시스템의 상황에서 시스템 현황을 검토하는 것은 어려움
- 시스템 개발을 위해서 기본설계에서 제시된 기능을 검토하고 세부적으로 정의한 시스템 상세설계를 분석하여 위성영상시스템을 구성하는 시스템, 각 시스템의 기능 및 역할, 시스템간의 연계성, 외부시스템과의 연계 등을 분석

1) 위성영상시스템 개요

- 차세대중형위성 제1단계 개발 사업으로 국토교통부와 과학기술정보통신부가 위성산업의 발전과 국토자원관리관련 공공부문 수요 대응, 국가공간정보 활용 서비스 제공 등을 위하여 차세대중형 위성 1·2호기(해상도 흑백 0.5m급, 칼라 2m급)를 개발
 - 개발된 위성의 역할은 위성정보 활용이 다양화·전문화되고 국가의 주요정책이 위성정보를 중심으로 추진되는 상황에서 국토분야의 위성정보를 체계적으로 생산·관리·공급함으로써 국토교통부 현업과 관련 산업분야를 지원하고 나아가 국토관리에 관한 정책위성으로서의 역할 수행
 - 국토교통부는 국토지리정보원에 국토위성센터를 수립하여 국토관측위성에 대한 위성정보를 수집·생산·관리·제공하고자 하며, 이를 위해서 국토위성정보를 수집·활용하기 위한 위성영상시스템을 개발하고 있고, '20년 말에 개발이 완료될 예정
- 위성영상시스템의 개발은 위성정보 수집시스템과 위성정보 활용 시스템으로 구성되고, 추가로 생산된 위성영상을 처리하는 기초기술이 포함²⁵⁾
 - 수집시스템의 구성
 - 국토관측위성의 촬영계획 생성 및 항우연에 촬영을 요구하는 촬영요구 시스템과 항우연으로부터 위성정보를 수신하는 위성정보수신 시스템
 - 수신된 위성정보에 대해 방사보정과 기하보정을 수행하는 표준영상생성 시스템과 표준영상을 이용하여 정밀기하 및 정사보정을 수행하는 정밀영상생성 시스템

25) 국토지리정보원 (2017) 국토위성정보 활용을 위한 주요활용 응용기술 개발 보고서

- 위성정보(직저장데이터, L0F 카탈로그, 표준영상, 정밀영상)를 체계적으로 관리하기 위한 저장 관리 시스템, 운영자 관리 및 시스템을 모니터링하기 위한 운영관리 시스템, 시스템 보안 및 네트워크 관리 등 시스템 운영 기반을 지원하는 기반환경 시스템으로 구성

• 활용시스템의 구성

- 수요자로부터 관심지역에 대한 지도검색 기반의 검색 지원 및 촬영요청 주문을 받는 검색주문 관리 시스템과 요청받은 주문내역을 관리 및 수집시스템으로 전송하는 주문처리 시스템, 수집 시스템으로부터 수신한 관심지역의 위성정보를 보안지역에 대해 보안처리를 수행 하는 보안지역처리 시스템
- 활용응용지원 체계에서 수용자의 주문에 따른 활용물 생산을 지원 하는 활용분석처리 지원 시스템, 활용산출물 및 보안지역 영상을 관리 하는 자료 관리 시스템
- 운영자 관리 및 시스템을 모니터링하기 위한 운영관리 시스템, 시스템 보안 및 네트워크 관리 등 시스템 운영 기반을 지원하는 기반환경 시스템으로 구성

<표 4-1> 위성영상시스템 기능 개요

구분	시스템	시스템별 기능	비고
수집 시스템 (7종)	촬영요구시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 촬영주문 검토 • 수요자의 촬영주문 승인 결과 확인 • 국토관측 전용위성의 궤도 예측 및 촬영계획 수립 • 촬영계획 파일 전송을 통한 항우연으로 촬영 요구 • MT를 기반으로 촬영계획 승인 여부 확인 	
	위성정보수신 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 항우연으로부터 네트워크망을 통해 위성의 직저장데이터(L0F) 수신 • 수신 안정성을 고려하여 이중화된 장비에 설치 	
	표준영상생성 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 직저장데이터를 썬 분할하여 L0F 카탈로그 생성 • 직저장데이터를 방사/기하 보정하여 표준영상 생성 • 처리 효율성을 높이기 위해 분산처리 장비로 구성 	
	정밀영상생성 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 표준영상을 정밀기하/정밀정사 보정하여 정밀영상으로 생성 • GCP DB 및 DEM DB를 활용하여 정밀기하 및 정밀정사 보정 수행(GCP DB 시스템 포함) • 처리 효율성을 높이기 위해 분산처리 장비로 구성 	
	저장관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • L0F 카탈로그, 표준영상, 정밀영상 생성 요청 • 위성정보(직저장데이터, L0F 카탈로그, 표준영상, 정밀영상)를 계층화된 저장장치에 보관 및 유지 • 계층적 저장장치 및 저장 안정성을 고려하여 이중화된 장비에 설치 	
	운영관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 운영자 로그인/로그아웃, 운영자 관리, 중요 시스템 데이터 백업, 시스템 통합 모니터링, GPS 시각 동기화, 외부 보조데이터 관리 등 수행 	

구분	시스템	시스템별 기능	비고
		<ul style="list-style-type: none"> • 운영 안정성을 위해 이중화된 장비에 설치 	
	기반환경 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 수집시스템 내 전산장비의 보안관제, 안티 바이러스 체계, 네트워크 관리, GPS 시각 동 • 기획을 위한 NTP 서버 운영 	
활용 시스템 (10종)	검색주문관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 지도검색 기반의 위성정보 검색 및 영상뷰어 • 활용기관의 위성정보 주문 요청(촬영주문, 배포주문, 활용물 생산주문) • 운영 안정성을 높이기 위해 분산처리 장비로 구성 	
	배포관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 수요자의 주문 결과물 배포 • 다양한 배포 기능(web, ftp, 오프라인) • 배포자료에 대한 이력 관리 기능 수행 • 운영 안정성을 높이기 위해 분산처리 장비로 구성 	
	보안지역처리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 접근불가(군사보안구역, 국가주요시설 등) 지역에 대한 보안처리 자료 생성 • 보안지역처리 자료에 대한 이력 관리 	
	자료관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 위성정보(표준영상, 정밀영상)를 계층화된 저장장치에 보관 유지 • 활용산출물에 대한 체계적 관리 • 위성정보 배포자료 관리 • 계층적 저장장치 및 저장 안정성을 고려하여 이중화 장비로 구성 	
	주문처리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 위성정보 주문 등록 관리 • 촬영정보 수집시스템에 전송 • 촬영주문 결과 등록 • 배포주문 자동 등록 • 운영 안정성을 고려하여 이중화 장비로 구성 	
	배포처리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 위성정보 주문 배포 처리 수행 • 배포자료 최종물 보안지역 처리 수행 • 위성정보 배포물 전달 	
	활용분석처리 지원시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 활용분석을 위한 위성정보 검색 및 다운로드 • 활용응용 지원 체계에서 생산된 활용물 등록 관리 	
	웹서비스관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 운용자 관리, 사용자 관리, 중요 시스템 데이터 백업 및 복원, 시스템 통합 모니터링, 시스템 • 로그 관리 등 수행(검색주문관리, 배포관리 시스템) • 운영 안정성을 위해 이중화 장비로 구성 	
	운영관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 운용자 관리, 중요 시스템 데이터 백업 및 복원, 시스템 통합 모니터링, 시스템 로그 관리 등 • 수행(자료관리, 주문처리, 배포처리 시스템) • 운영 안정성을 위해 이중화 장비로 구성 	
	기반환경 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 활용시스템 내 전산장비의 보안관제, 안티 바이러스 체계, 네트워크 관리 등 수행 	

자료: 국토지리정보원

2) 수집시스템 세부 구성 및 기능 분석

가) 구성요소 및 기능 정리

□ 수집시스템에는 촬영요구 시스템, 위성정보수신 시스템, 표준영상생성 시스템, 정밀영상생성 시스템, 저장관리 시스템, 운영관리 시스템, 기반환경 시스템 등 총 7개 시스템으로 구성되고 다음과 같은 절차 운영

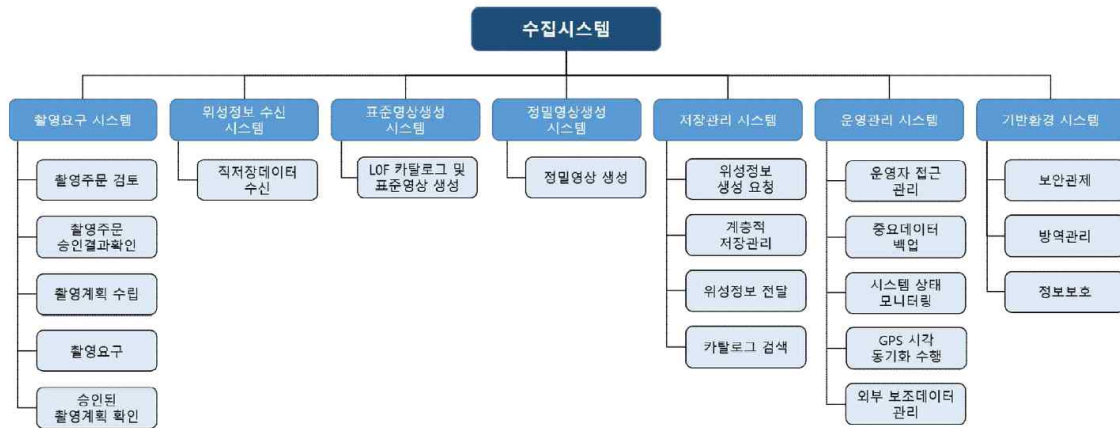
- 촬영요구 시스템은 활용시스템으로부터 수신한 촬영주문을 검토하여 촬영주문의 검토 결과를 활용시스템으로 전달하고, 수요자의 촬영주문 승인 결과를 활용시스템으로부터 수신하여 승인된 촬영주문에 대한 촬영계획을 수립
- 수립된 촬영계획을 기반으로 촬영계획 파일을 생성하여 위성운영주관기관인 항우연에 전달하여 국토관측위성의 촬영을 요구
- 촬영계획에 따라 국토관측위성에서 촬영된 위성정보는 항우연에서 직저장되고 위성정보수신 시스템은 전용망을 통하여 항우연으로부터 직저장데이터를 수신
- 표준영상생성 시스템 및 정밀영상생성 시스템은 수신 받은 직저장데이터를 기반으로 L0F 카탈로그, 표준영상 및 정밀영상을 생성
- 저장관리시스템은 수신 받은 직저장데이터의 표준영상 및 정밀영상의 생성을 각 시스템에 요청하고 직저장데이터, L0F 카탈로그, 표준영상, 정밀영상을 계층화된 저장장치에 저장하고 표준/정밀영상을 활용시스템에 전달
- 운영관리 시스템은 항우연으로부터 수집시스템 운영 간 필요한 외부 보조데이터(궤도요소데이터²⁶⁾, Contact Schedule²⁷⁾, MT²⁸⁾ 등)를 수신 받아 등록하고 수집시스템을 구성하는 서브시스템에서 발생한 로그를 저장

26) 궤도요소데이터 : 위성의 시간에 따른 위치, 궤도면의 기울기 등을 나타내기 위해 사용하는 요소

27) Contact Schedule : 위성과 지상국간의 송수신연결 시간대

28) MT : Mission Table

<그림 4-1> 수집시스템 구성요소별 주요기능



출처: 국토지리정보원

□ 수집시스템 구성요소별 기능

- 촬영요구 시스템은 활용시스템으로 전달받은 촬영주문에 대한 검토를 수행하고, 활용시스템으로부터 촬영주문 승인 결과를 전달받아 수요자의 촬영주문에 대한 승인 여부를 확인
 - 촬영요구 시스템은 수요자가 승인한 촬영주문을 기반으로 국토관측 전용위성의 궤도특성과 탑재체 촬영제원을 이용하여 촬영계획을 수립하고 촬영계획 파일을 항우연으로 전달
 - 항우연이 전달한 MT를 기반으로 승인된 촬영계획을 확인
- 위성정보수신 시스템은 항우연으로부터 직저장데이터를 수신 받아 수집시스템에 등록
- 표준영상생성 시스템과 정밀영상 시스템은 수신 받은 직저장데이터를 기반으로 L0F 카탈로그, 표준영상 및 정밀영상을 생성
- 저장관리 시스템은 항우연으로부터 수신 받은 직저장데이터에 대한 산출물 생성을 요청하고 생성된 자료를 저장, 관리, 배포
 - 표준영상생성 시스템 및 정밀영상생성 시스템에서 생성된 위성정보(직저장데이터, L0F 카탈로그, 표준영상, 정밀영상)에 대한 저장 및 관리를 수행
 - L0F 카탈로그, 표준영상 및 정밀영상을 활용시스템으로 전달
- 운영관리 시스템은 수집시스템의 운영자를 관리하고 수집시스템으로의 접근을 통제
 - 수집시스템 운영 간 필요한 중요데이터를 주기적으로 백업하여 수집시스템의 안정적인 운영을 지원하고 수집시스템 구성요소에 대한 모니터링을 수행하여 수집시스템의 운영 상태 확인 및 유지를 지원
 - 수집시스템 운영에 필요한 외부 보조 데이터(궤도요소데이터, Contact Schedule, BOP, MT, POD, PAD)를 항우연으로부터 수신 받아 수집시스템에 등록

- 기반환경 시스템은 수집시스템 운영 간 네트워크 접근을 통제하는 보안관제, 바이러스 위협을 감시하는 방역관리, 비인가 매체의 접근을 통제하는 정보보호를 수행하여 수집시스템의 운영환경을 지원

나) 외부시스템과의 연계

□ 수집시스템은 수요자의 요구에 따른 촬영계획 수립과 국토위성정보의 수집 및 활용을 위하여 외부시스템과의 연계를 통해 데이터를 상호 전달

- 수집시스템과 항우연간 인터페이스 데이터는 외부 보조데이터(궤도요소데이터, MT, BOP, Contact Schedule, POD, PAD), 촬영계획 파일, 직저장 데이터이며 수집시스템의 운영관리 시스템 및 위성정보수신 시스템을 통하여 상호 전달을 수행
- 수집시스템과 활용시스템 간 인터페이스 데이터는 촬영주문, 촬영주문 검토 결과, 촬영주문 승인 결과, LOF 카탈로그, 표준영상, 정밀영상, 주문 처리 결과, 영상처리 주문 등으로 저장관리 시스템 및 촬영요구 시스템을 통하여 상호 전달

□ 항우연은 국토관측위성에 대한 위성운영기관으로서 국토관측위성의 정보 수집을 위한 위성의 기동 제어 및 위성정보를 직수신하는 시스템을 운영하는 외부기관

- 수집시스템의 촬영계획을 기반으로 위성에 촬영명령을 전송하고, 위성정보 직수신으로 생성된 직저장 데이터를 국토위성센터의 수집시스템에 전송
- 수집시스템의 촬영계획 및 표준영상생성에 필요한 보조데이터를 공급

□ 활용시스템은 수집시스템에서 생성된 위성영상을 기반으로 활용산출물을 생산하고 수요자에게 검색, 공급, 배포 서비스를 지원하는 외부요소로 다음과 같은 상호전달 발생

- 수요자로부터 위성정보 주문을 접수 받아 수집시스템에 촬영주문으로 전달하고, 수집시스템으로부터 촬영주문에 대한 검토 결과를 수신
- 수요자에게 촬영주문 검토 결과를 제공하고, 수요자로부터 촬영주문 승인 여부를 입력받아 촬영주문의 승인 결과를 수집시스템에 전달
- 수집시스템으로부터 LOF 카탈로그, 표준영상, 정밀영상을 수신하고 LOF 카탈로그에 대한 영상처리 주문을 생성하여 수집시스템에 전달
- 수집시스템으로부터 수신한 표준영상, 정밀영상을 기반으로 수요자가 요청한 활용산출물을 생산하여 수요자에게 공급

<표 4-2> 수집시스템 외부 연계 요소

외부요소	역할	비고
항우연	<ul style="list-style-type: none"> 국토관측 전용위성을 운영하는 기관으로서 촬영을 위한 위성의 기동 제어 및 위성정보 직수신 지리원의 촬영계획을 기반으로 위성에 촬영명령 전송 위성 직수신을 통한 직저장데이터를 지리원에 전송 촬영계획 및 표준영상생성에 필요한 보조데이터 공급 	
활용시스템	<ul style="list-style-type: none"> 국토관측 위성정보의 수요자에게 위성정보 제공 및 활용을 위한 위성정보 주문 접수 촬영주문 검토 결과 수신 및 수요자의 촬영주문 승인 결과 전달 L0F 카탈로그에 대한 영상처리 주문을 생성하여 수집시스템에 전달 수요자가 요청한 위성정보를 생산 및 공급 	

자료: 국토지리정보원

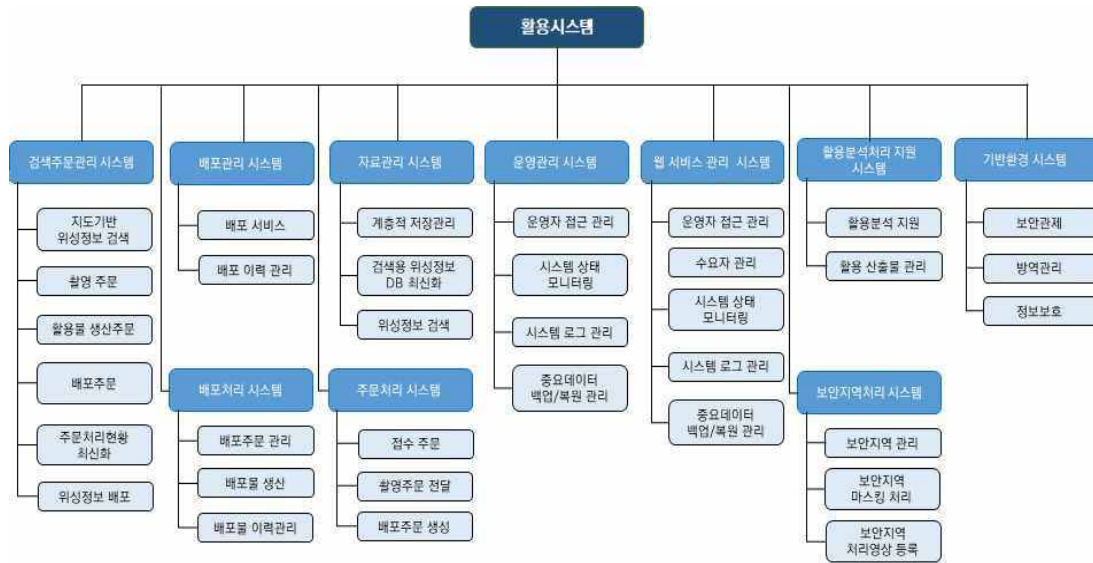
3) 활용시스템 세부 구성 및 기능 분석

가) 구성요소 및 기능 정리

□ 활용시스템은 검색주문관리 시스템, 배포관리 시스템, 보안지역처리 시스템, 자료관리 시스템, 주문처리 시스템, 배포처리 시스템, 활용분석처리 지원 시스템, 웹 서비스 관리 시스템, 운영관리 시스템, 기반환경 시스템 총 10가지의 시스템으로 구성되고 다음과 같은 절차 운영

- 검색주문관리 시스템은 수요자로부터 관심지역에 대한 검색 및 영상을 확인 할 수 있도록 하며 필요시 해당 지역에 대한 촬영주문요청을 받아 주문처리 시스템에 전달하고 전달 받은 촬영주문을 수집시스템에 전달
- 전달된 촬영주문은 항우연의 승인 후 촬영계획에 따라 국토관측위성에서 촬영된 위성정보 수신 받고 주문처리 시스템은 수요자에게 주문처리 요청결과를 통보 하고 배포처리 시스템을 통해 자동 주문 요청한 위성정보를 수요자에게 배포
- 활용분석처리 지원 시스템은 수요자의 주문에 받는 위성정보 검색 및 다운로드를 제공하며 활용응용 지원 체계에서 생산된 활용물을 관리
- 자료관리 시스템은 수집시스템으로 부터 전송된 표준영상, 정밀영상을 계층화된 저장장치에 저장하고 활용산출물 및 배포자료를 관리
- 웹서비스관리 및 운영관리 시스템은 운영자 관리, 수요자 관리, 중요 시스템 데이터 백업 및 복원, 시스템 통합 모니터링, 시스템 로그 관리 등 수행

<그림 4-2> 활용시스템 구성요소별 주요기능



출처: 국토지리정보원

□ 활용시스템 구성요소별 기능

- 검색주문관리 시스템은 웹 서비스를 통해 수요자의 접근성을 높이며 국토관측위성의 다양한 활용 및 신속한 영상정보 확인을 위해 지도기반의 검색 서비스를 제공
 - 수요자는 활용시스템에 등록된 상세 위성정보를 확인 후 필요시 위성정보 및 활용물 생산 주문을 수행
 - 수요자의 위성정보 주문은 주문처리 시스템을 통해 수집시스템으로 위성정보 주문을 전달
- 배포관리 시스템은 수요자의 주문 받아 처리 후 주문 처리 결과물을 수요자에게 다양한 방식을 통해 배포 하여 수요자의 편의성에 도움
- 보안지역처리 시스템은 생성된 표준영상 및 정밀정사영상 내에 존재하는 비공개지역에 대한 정보를 통해서 해당 지역에 대한 마스킹, 블러 등의 처리를 지원
- 주문처리 시스템과 배포처리 시스템은 수요자의 주문을 처리 하고 위성정보 및 활용물의 배포를 용이하도록 하는 기능을 제공
- 자료관리 시스템은 수집시스템으로부터 전달된 위성정보(표준영상, 정밀영상)에 대한저장/관리 및 활용산출물에 대한 저장/관리 기능을 제공
- 웹 서비스 관리 시스템은 웹 서비스를 이용하는 활용시스템의 수요자 및 운영자를 관리하고 웹 서비스로의 접근을 통제
 - 검색주문관리 시스템 및 배포처리 시스템 운영 간 필요한 중요데이터를 주기적으로 백업하여 활용시스템의 안정적인 운영을 지원
 - 활용시스템 구성요소에 대한 모니터링을 수행하여 활용시스템의 운영 상태 확인 및 유지를 지

원

- 운영관리 시스템은 활용시스템의 운영자를 관리하고 활용시스템으로의 접근을 통제
 - 활용시스템 운영 간 필요한 중요데이터를 주기적으로 백업하여 활용시스템의 안정적인 운영을 지원하고 활용시스템 구성요소에 대한 모니터링을 수행
 - 활용시스템의 운영 상태 확인 및 유지를 지원 및 외부요소(수집시스템)와의 인터페이스를 통하여 활용시스템에 위성정보 등록을 수행하고 등록된 정보를 필요한 구성요소에 전달
- 활용분석처리 지원 시스템은 활용응용 지원 체계에서 수요자의 활용물 생산 주문에 따른 활용산출물을 효율적이며 신속하게 생산 할 수 있도록 위성정보의 검색 및 다운로드를 기능을 제공
 - 외부요소(활용분석처리 시스템)와의 인터페이스를 통하여 활용분석처리 시스템에서 생산된 활용산출물을 전달 받아 관리 하는 기능을 제공
- 기반환경 시스템은 활용시스템 운영 간 네트워크 접근을 통제하는 보안관제, 바이러스 위협을 감시하는 방역관리, 비인가 매체의 접근을 통제하는 정보보호를 수행하여 활용시스템의 운영환경을 지원

나) 외부시스템과의 연계

- 활용시스템은 수요자의 요구에 따른 촬영주문 및 활용물 생산 주문에 대해 외부요소와 데이터의 상호 전달을 수행 하여 국토관측위성정보의 활용
 - 활용시스템과 수집시스템 간 인터페이스 데이터는 촬영주문 정보, 촬영주문 검토결과 이며 활용시스템의 주문처리 시스템을 통하여 상호 전달
 - 활용시스템과 활용분석처리 시스템 간 인터페이스 데이터는 활용물 생산주문, 활용산출물, 표준영상 및 정밀영상이며, 자료관리 시스템 및 주문처리 시스템을 통하여 상호 전달
- 수집시스템은 국토관측위성에서 수신된 영상을 항우연으로부터 전달 받아 표준 및 정밀영상으로 생성하고 활용시스템으로 전송하는 외부요소
 - 위성정보 주문을 연동 받아 촬영계획을 수립하고 항우연에 전달하고 항우연으로부터 직저장데이터를 수신 받아 촬영주문에 대한 표준영상, 정밀영상을 생성 하여 활용시스템에 공급
- 활용분석처리 시스템은 수집시스템에서 생성된 위성영상을 기반으로 활용산출물을 생산하는 외부요소
 - 수요자로부터 활용물 생산 주문을 전달 받게 되면 보안지역처리가 완료된 표준영상, 정밀영상을 활용하여 수요자가 요청한 활용산출물을 생산

<표 4-3> 수집시스템 외부 연계 요소

외부요소	역할	비고
수집시스템	<ul style="list-style-type: none"> 촬영계획 수립 하여 항우연에 전송 항우연으로부터 직저장데이터 수신 표준영상, 정밀영상 생성 	
활용분석처리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 수요자가 요청한 활용물 생산 및 공급 	

자료: 국토지리정보원

4) 위성영상시스템 구축 현황

□ 국토위성센터 내 위성영상시스템은 ‘20년 말까지 개발 및 시스템 통합이 예정되어 있으며, ‘20년 8월 말까지 활용시스템 10종과 수집시스템 5종(정밀영상생성시스템 일부 미완)이 위성운영실에 구축

- 수집시스템 중 촬영요구시스템, 표준영상생성시스템에 대한 개발지연으로 시스템 통합이 지연되고 있어 전체 시스템에 대한 사전점검이 어려운 상황
- 시스템 개발일정 상으로 9월 말까지 전체 시스템의 개발 및 통합이 계획되어 있으며, 시스템 통합이 완료된 이후에 운영시험절차를 수행할 것으로 예상
- 항우연 시스템과의 연동, 수집 및 활용시스템간의 연동에 대한 점검도 통합이후에 가능

<표 4-4> 위성영상시스템 기능 개요

구분	시스템	시스템별 설치 현황	완료 예정	비고
수집 시스템 (7종)	촬영요구시스템	미설치	9월 예정	
	위성정보수신 시스템	설치		
	표준영상생성 시스템	미설치	9월 예정	
	정밀영상생성 시스템	일부 설치	9월 예정	
	저장관리 시스템	설치		
	운영관리 시스템	설치		
	기반환경 시스템	설치		
활용 시스템 (10종)	검색주문관리 시스템	설치		
	배포관리 시스템	설치		
	보안지역처리 시스템	설치		
	자료관리 시스템	설치		
	주문처리 시스템	설치		
	배포처리 시스템	설치		
	활용분석처리지원시스템	설치		
	웹서비스관리 시스템	설치		
	운영관리 시스템	설치		
	기반환경 시스템	설치		

자료: 국토지리정보원

나. 위성영상시스템 시험 방안

1) 시스템 운영 시험 개요

□ 시스템 개발 시 수행되는 시험은 기능 단위 시험, 통합시험, 시스템 시험, 인수 시험까지 4단계에 걸쳐 수행

- 단위시험에서 통합시험까지는 시스템 개발을 추진하고 있는 연구단에서 직접 수행하고 웹관련 시스템은 전문기관의 인증 시험으로 시스템 시험을 진행, 나머지는 연구단에서 내부 수행
- 시스템 운영 시험은 시스템 인수 시 수행되는 시험으로 개발된 시스템에 대해 운영 환경으로 전환하기 위한 준비를 완료하고, 운영환경과 동일한 환경 하에서 당초 사용자가 요구한 사항을 시스템이 전체적으로 만족시키는지 사용자 주도로 평가
- 운영시험은 권한을 할당 받은 위임자의 주도로 이루어지며, 일반적으로 시스템 개발 담당자들이 시험을 준비하고 진행

□ 본 시험에서는 인수시험 방안으로 실 사용자인 국토위성센터의 업무 프로세스에 맞추어 전체 시스템을 검증하기 위한 절차를 수립

- 각 시스템별 기능 검증 내역을 기반으로 국토위성센터 업무 절차에 따라 수행되어야 하는 시스템 및 기능을 연계하여 시험 절차 수립
- 시스템 기본설계 시 요구된 기능은 수집시스템 기능 63종, 수집시스템과 외부시스템간 연계 16종, 활용시스템 기능 53종, 하드웨어 장비 요구 13종, 활용시스템과 외부시스템간 연계 5종, 기타 요구 7종
- 기본설계 요구 기능은 기능 시험, 통합 시험, 시스템 시험 등을 수행되는 시스템 개발 시 모두 검토되어져 요구기능 개별에 대한 검증은 불필요
- 시스템 검증은 국토위성센터에서 시스템 활용을 위한 업무 절차에 맞추어 활용되는 기능과 시스템을 기반으로 운영절차를 수립

2) 시스템 운영 시험 절차

□ 위성영상시스템을 구성하는 수집시스템, 활용시스템별 수행되는 기능 시험절차를 분석하고 국토위성센터의 위성영상시스템 시범운영을 위한 절차를 수립

- 시스템 기본설계를 통해 요구된 시스템별 요구기능 및 적용시스템에 대한 검토를 하고 각 기능 시험단위에 대한 분석 수행
- 국토위성센터의 고유 위성업무 및 수요자 주문 대응에 대한 업무 절차를 수립하여 위성영상시스템에 대한 시범운영 절차 수립

가) 수집시스템 기능별 시험 절차 분석

□ 수집시스템에 대한 시험절차ID, 시험절차, 시험절차 적용 시스템에 대한 검토를 하고 각 시험절차별 검증되는 요구기능을 분석

- 수집시스템에 대한 기능별 시험절차는 13개 시험단계로 구성되며, 각 단계별로 다양한 시스템의 기능이 검토되도록 구성
- 기능별 세부 시험 절차는 별도 산출물 참조

<표 4-5> 수집시스템 기능 시험 절차내역

시험절차 ID	시험절차명	서브시스템	비고
TP29)-001	운영 준비	운영관리 (OMS)	
TP-002	촬영주문 검토	촬영요구 (IRS)	
TP-003	촬영주문 승인결과 확인	촬영요구 (IRS)	
TP-004	촬영계획 수립	촬영요구 (IRS)	
TP-005	촬영 요구	촬영요구 (IRS)	
TP-006	승인된 촬영계획 확인	촬영요구 (IRS)	
TP-007	L0F 데이터 수신	위성정보수신 (DRS) 저장관리 (AMS)	
TP-008	L0F 카탈로그 생성	저장관리 (AMS) 표준영상생성 (PGS)	
TP-009	표준영상 생성	저장관리 (AMS) 표준영상생성 (PGS)	
TP-010	정밀영상 생성	저장관리 (AMS) 정밀영상생성 (APGS)	
TP-011	위성정보 전달	저장관리 (AMS)	
TP-012	저장 관리	저장관리 (AMS)	
TP-013	운영 관리	운영관리 (OMS)	

자료: 국토지리정보원

(1) TP-001 운영준비의 검증 기능

29) Test Procedure

요구사항 ID	요구사항
R-OMS-SFR ³⁰⁾ -0010	운영자 관리
R-OMS-SFR-0020	로그인/로그아웃
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0060	GPS 시각 동기화
R-OMS-SFR-0070	외부 보조데이터 관리
R-OMS-IEIR ³¹⁾ -0010	지리원 ← 항우연 연동

자료: 국토지리정보원

(2) TP-002 촬영주문 검토의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-IRS-SFR-0010	촬영주문 관리
R-IRS-SFR-0020	촬영주문 검토
R-IRS-SFR-0021	촬영주문 분석
R-IRS-SFR-0030	촬영주문 분석결과 전달
R-IRS-SFR-0100	궤도전파
R-IRS-SFR-0110	촬영계획 후보 최적화
R-IRS-SFR-0120	분석정보 2D/3D 지도 출력
R-IRS-SFR-0130	주문분석 환경설정
R-IRS-SFR-0140	위성정보 관리
R-IRS-SFR-0150	촬영모드 관리
R-IRS-SFR-0160	가중치 관리
R-IRS-SFR-0170	촬영제약지역 관리
R-IRS-SFR-0180	촬영진행상태정보(OPR) 관리
R-OMS-SFR-0020	로그인/로그아웃
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0090	인터페이스 자동화
R-IRS-IEIR-0020	수집시스템 ← 활용시스템 연동
R-IRS-IEIR-0030	수집시스템 → 활용시스템 연동

자료: 국토지리정보원

(3) TP-003 촬영주문 승인 검토 결과 확인의 검증 기능

-
- 30) System/Software Functional Requirement : 시스템/소프트웨어 기능 요구사항
시스템/소프트웨어가 제공하는 기능 정의
- 31) Internal & Extend Interface Requirement : 내/외부 인터페이스 연동자료 정의
시스템/소프트웨어 인터페이스 요구사항

요구사항 ID	요구사항
R-IRS-SFR-0031	촬영주문 승인결과 확인
R-IRS-SFR-0050	촬영주문 데이터 변환
R-IRS-IEIR-0020	수집시스템 ← 활용시스템 연동
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0090	인터페이스 자동화

자료: 국토지리정보원

(4) TP-004 촬영계획 수립의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-IRS-SFR-0010	촬영주문 관리
R-IRS-SFR-0040	촬영계획 보조데이터 전달
R-IRS-SFR-0060	촬영계획 수립
R-IRS-SFR-0070	촬영계획 파일 저장
R-IRS-IEIR-0050	수집시스템 → 항우연 촬영계획 S/W 연동
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리

자료: 국토지리정보원

(5) TP-005 촬영요구의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-IRS-SFR-0080	촬영요구계획 전달
R-IRS-IEIR-0010	지리원 → 항우연 연동
R-IRS-IEIR-0060	수집시스템 ← 항우연 촬영계획 S/W 연동
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0090	인터페이스 자동화

자료: 국토지리정보원

(6) TP-006 승인된 촬영계획 확인의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-IRS-SFR-0040	촬영계획 보조데이터 전달
R-IRS-SFR-0090	승인된 촬영계획 확인
R-IRS-SFR-0180	촬영진행상태정보(OPR) 관리
R-DRS-SFR-0100	수신계획 자동 생성
R-IRS-IEIR-0040	항우연 촬영계획 S/W ↔ DBMS 연동
R-IRS-IEIR-0050	수집시스템 → 항우연 촬영계획 S/W 연동
R-OMS-SFR-0020	로그인/로그아웃
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0090	인터페이스 자동화

자료: 국토지리정보원

(7) TP-007 L0F 데이터 수신에 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-DRS-SFR-0010	직저장데이터 수신
R-DRS-SFR-0020	수신 이력 도시
R-DRS-SFR-0030	직저장데이터 자료등록 요청
R-DRS-SFR-0040	Playback MWD(Moving Windows Display)
R-DRS-SFR-0050	수신환경 설정
R-DRS-SFR-0060	계획되지 않은 L0F 등록
R-DRS-SFR-0070	수신계획 정보 도시
R-DRS-SFR-0080	수신계획 관리
R-DRS-SFR-0090	L0F 저장공간 관리
R-DRS-IEIR-0010	지리원 ← 항우연 연동
R-AMS-SFR-0030	RAID 계층 저장
R-AMS-SFR-0100	위성정보 처리작업 자동 생성
R-AMS-SFR-0130	위성정보 처리 설정
R-OMS-SFR-0020	로그인/로그아웃
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-AMS-SFR-0150	운량분석

자료: 국토지리정보원

(8) TP-008 L0F 카탈로그 생성의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-AMS-SFR-0030	RAID 계층 저장
R-AMS-SFR-0070	위성정보 전달
R-AMS-SFR-0110	표준영상생성 관리
R-AMS-SFR-0140	위성정보 처리작업 조회
R-AMS-IEIR-0020	수집시스템 ← 항우연 표준영상생성 S/W 연동
R-AMS-IEIR-0030	수집시스템 ← 항우연 표준영상생성 S/W 연동
R-DRS-IEIR-0020	수집시스템 → 항우연 표준영상생성 S/W 연동
R-PGS-SFR-0010	표준영상 생성
R-PGS-IEIR-0010	항우연 표준영상생성 S/W ↔ DBMS 연동
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0090	인터페이스 자동화

자료: 국토지리정보원

(9) TP-009 표준영상 생성의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-AMS-SFR-0030	RAID 계층 저장
R-AMS-SFR-0110	표준영상생성 관리
R-AMS-SFR-0140	위성정보 처리작업 조회
R-AMS-IEIR-0020	수집시스템 → 항우연 표준영상생성 S/W 연동
R-AMS-IEIR-0030	수집시스템 ← 항우연 표준영상생성 S/W 연동
R-DRS-IEIR-0020	수집시스템 → 항우연 표준영상생성 S/W 연동
R-PGS-SFR-0010	표준영상 생성
R-PGS-IEIR-0010	항우연 표준영상생성 S/W ↔ DBMS 연동
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0090	인터페이스 자동화

자료: 국토지리정보원

(10) TP-010 정밀영상 생성의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-APGS-SFR-0010	정밀영상 생성
R-APGS-SFR-0020	정밀영상생성 작업 관리
R-APGS-SFR-0030	환경설정
R-APGS-SFR-0040	자원 모니터링
R-APGS-SFR-0050	정밀영상 생성 S/W 연계
R-APGS-SFR-0060	정밀영상 서버/클라이언트 구조
R-AMS-SFR-0010	정밀영상생성 관리
R-AMS-SFR-0030	RAID 계층 저장
R-AMS-IEIR-0040	수집시스템 → 정밀영상생성 시스템 연동
R-AMS-IEIR-0050	수집시스템 ← 정밀영상생성 시스템 연동
R-OMS-SFR-0020	로그인/로그아웃
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리

자료: 국토지리정보원

(11) TP-011 위성정보 전달의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-AMS-SFR-0060	카탈로그 검색
R-AMS-SFR-0070	위성정보 전달
R-AMS-SFR-0120	영상처리 주문 관리
R-AMS-IEIR-0060	수집시스템 ← 활용시스템 연동
R-AMS-IEIR-0010	활용시스템 ← 수집시스템 연동
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리

자료: 국토지리정보원

(12) TP-012 저장관리의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-AMS-SFR-0020	저장관리정책 설정
R-AMS-SFR-0030	RAID 계층 저장
R-AMS-SFR-0031	백업 계층 저장

요구사항 ID	요구사항
R-AMS-SFR-0040	저장공간 관리
R-AMS-SFR-0041	백업 계층 관리
R-AMS-SFR-0050	위성정보 재처리 요청
R-AMS-SFR-0080	위성정보 다운로드
R-AMS-SFR-0090	위성정보 매체생산
R-AMS-SFR-0120	영상처리 주문 관리
R-AMS-IEIR-0060	수집시스템 ← 활용시스템 연동
R-OMS-SFR-0020	로그인/로그아웃
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0090	인터페이스 자동화

자료: 국토지리정보원

(13) TP-013 운영관리의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-OMS-SFR-0020	로그인/로그아웃
R-OMS-SFR-0030	시스템 통합 모니터링
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0050	중요 데이터 백업
R-OMS-SFR-0080	운영현황 전시

자료: 국토지리정보원

나) 활용시스템 기능별 시험 절차 분석

□ 활용시스템에 대한 시험절차ID, 시험절차, 시험절차 적용 시스템에 대한 검토를 하고 각 시험절차별 검증되는 요구기능을 분석

- 활용시스템에 대한 기능별 시험절차는 20개 시험단계로 구성되며, 각 단계별로 다양한 시스템의 기능이 검토되도록 구성
- 기능별 세부 시험 절차는 부록 참조

<표 4-6> 활용시스템 기능 시험 절차내역

시험절차 ID	시험절차명	서브시스템	비고
TC ³² -0010	운영관리 운영자 추가 및 로그인	운영관리(OMS)	
TC-0020	사용자 회원 가입 및 로그인	웹서비스관리(WMS) 검색주문관리(SOS)	
TC-0030	사용자 촬영주문 입력 및 전달	검색주문관리(SOS) 주문처리(OPS)	
TC-0040	사용자 촬영주문 승인	검색주문관리(SOS) 주문처리(OPS)	
TC-0050	사용자 촬영주문 영상제품 카탈로그 수신	자료관리(DMS) 검색주문관리(SOS) 웹서비스관리(WMS)	
TC-0060	사용자 촬영주문 표준제품 처리	검색주문관리(SOS) 주문처리(OPS) 자료관리(DMS) 보안지역처리(SPS) 배포처리(PPS) 배포관리(PDS)	보안지역 처리 절차 포함
TC-0070	사용자 촬영주문 정밀제품 처리	자료관리(DMS) 검색주문관리(SOS)	
TC-0080	운영자 촬영주문 입력	주문처리(OPS)	
TC-0090	사용자 배포주문(기존제품요청)입력 및 전달	검색주문관리(SOS) 주문처리(OPS)	
TC-0100	사용자 배포주문(기존제품요청)승인 및 처리	주문처리(OPS) 배포처리(PPS) 배포관리(PDS) 검색주문관리(SOS)	
TC-0110	사용자 배포주문(재처리 요청)입력 및 전달	검색주문관리(SOS) 주문처리(OPS)	
TC-0120	사용자 배포주문(재처리 요청)승인 및 처리	주문처리(OPS) 자료관리(DMS) 배포처리(PPS) 배포관리(PDS)	
TC-0130	운영자 배포주문(재처리 요청)입력	주문처리(OPS)	
TC-0140	활용임무 입력	활용분석지원 관리(AGS)	기본설계 요구기능 없음
TC-0150	활용임무 처리 및 운영자 활용주문 입력	활용분석지원(AGS-FTS)	기본설계

시험절차 ID	시험절차명	서브시스템	비고
		활용분석지원 관리(AGS)	요구기능 없음
TC-0160	활용작업지시서 처리	자료관리(DMS) 활용분석지원 관리(AGS) 검색주문관리(SOS)	
TC-0170	사용자 활용주문 입력 및 전달	검색주문관리(SOS) 주문처리(OPS)	
TC-0180	사용자 활용주문 승인 및 처리	주문처리(OPS) 검색주문관리(SOS) 활용분석지원(AGS-FTS) 배포처리(PPS) 배포관리(PDS)	
TC-0190	운영관리 기능 확인	운영관리(OMS)	
TC-0200	자료관리 기능 확인	자료관리(DMS)	

자료: 국토지리정보원

(1) TC-0010 운영관리 운영자 추가 및 로그인의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-WMS-SFR-0040	운영자 관리
R-OMS-SFR-0010	운영자 관리

자료: 국토지리정보원

(2) TC-0020 사용자 회원 가입 및 로그인의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-WMS-SFR-0010	수요자 가입신청
R-WMS-SFR-0020	가입신청 처리
R-WMS-SFR-0030	주요자 관리

자료: 국토지리정보원

(3) TC-0030 사용자 촬영주문 입력 및 전달

요구사항 ID	요구사항
R-SOS-SFR-0050	촬영주문
R-SOS-SFR-0120	주문정보 전달

자료: 국토지리정보원

(4) TC-0040 사용자 촬영주문 승인의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-SOS-SFR-0080	주문승인 검토
R-SOS-SFR-0090	주문정보 조회
R-SOS-SFR-0110	주문처리 상태 최신화
R-OPS-SFR-0010	촬영주문 검색
R-OPS-SFR-0030	촬영주문 전달
R-OPS-SFR-0040	촬영주문 분석 결과 정보 연동
R-OPS-SFR-0080	주문처리상태 배포

자료: 국토지리정보원

(5) TC-0050 사용자 촬영주문 입력 및 전달의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-SOS-SFR-0010	검색용 위성정보 최신화
R-SOS-SFR-0030	결과영상 지도도시
R-SOS-SFR-0040	영상상세정보 도시
R-DMS-SFR-0060	검색용 위성정보 배포

자료: 국토지리정보원

(6) TC-0060 사용자 촬영주문 표준제품 처리의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-SOS-SFR-0100	주문처리상태 전송
R-PDS-SFR-0010	웹서비스 배포등록
R-PDS-SFR-0020	웹서비스 배포 다운로드
R-PDS-SFR-0060	배포 이력 조회
R-SPS-SFR-0010	보안지역 생성관리

요구사항 ID	요구사항
R-SPS-SFR-0020	보안지역 처리 영상 등록
R-SPS-SFR-0030	보안지역 도시
R-SPS-SFR-0040	보안지역 마스킹 처리
R-SPS-SFR-0050	보안지역 처리영상 전달
R-DMS-SFR-0010	표준/정밀영상 저장 등록
R-DMS-SFR-0030	위성정보 검색
R-DMS-SFR-0040	위성정보 다운로드
R-PPS-SFR-0010	배포주문 작업 관리
R-PPS-SFR-0020	배포영상 도시
R-PPS-SFR-0030	배포물 생산
R-PPS-SFR-0040	배포물 생산 이력 관리

자료: 국토지리정보원

(7) TC-0070 사용자 촬영주문 정밀제품 처리의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-SOS-SFR-0040	검색용 위성정보 최신화
R-DMS-SFR-0010	검색용 위성정보 배포

자료: 국토지리정보원

(8) TC-0080 운영자 촬영주문 입력의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-SOS-SFR-0040	검색용 위성정보 최신화
R-DMS-SFR-0010	검색용 위성정보 배포

자료: 국토지리정보원

(9) TC-0090 사용자 배포주문(기존제품요청) 입력 및 전달의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-SOS-SFR-0020	위성정보 검색
R-SOS-SFR-0070	배포주문
R-OPS-SFR-0060	배포주문 검색

자료: 국토지리정보원

(10) TC-0100 사용자 배포주문(기존제품요청) 승인 및 처리의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-PDS-SFR-0030	FTP서비스 배포 등록
R-PDS-SFR-0040	FTP서비스 배포 다운로드
R-PDS-SFR-0060	배포이력 조회
R-PPS-SFR-0030	배포물 생산

자료: 국토지리정보원

(11) TC-0110 사용자 배포주문(재처리 요청) 입력 및 전달의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-SOS-SFR-0020	위성정보 검색
R-SOS-SFR-0070	배포주문

자료: 국토지리정보원

(12) TC-0120 사용자 배포주문(재처리 요청) 승인 및 처리의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-PDS-SFR-0050	이동형 배포매체 생산
R-PDS-SFR-0060	배포이력 조회
R-PPS-SFR-0030	배포물 생성

자료: 국토지리정보원

(13) TC-0130 운영자 배포주문(재처리 요청) 입력

요구사항 ID	요구사항
R-OPS-SFR-0020	운영자 주문
R-OPS-SFR-0070	배포주문 생성

자료: 국토지리정보원

(14) TC-0140 활용임무 입력의 검증 기능

☐ 해당사항 없음

(15) TC-0150 활용임무 입력의 검증 기능

□ 해당사항 없음

(16) TC-0160 활용작업지시서 처리의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-SOS-SFR-0010	검색용 위성정보 최신화
R-DMS-SFR-0060	검색용 위성정보 배포
R-AGS-SFR-0010	활용물 자료관리

자료: 국토지리정보원

(17) TC-0170 사용자 활용주문 입력 및 전달의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-OPS-SFR-0050	활용물생산 주문 검색
R-SOS-SFR-0060	활용물 생산주문

자료: 국토지리정보원

(18) TC-0180 사용자 활용주문 승인 및 처리

요구사항 ID	요구사항
R-AGS-SFR-0050	활용물생산 주문 검색

자료: 국토지리정보원

(19) TC-0190 사용자 촬영주문 승인의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-WMS-SFR-0050	시스템 통합 모니터링
R-WMS-SFR-0060	중요데이터 백업
R-WMS-SFR-0070	시스템 로그 관리
R-OMS-SFR-0020	시스템 통합 모니터링
R-OMS-SFR-0030	중용데이터 백업
R-OMS-SFR-0040	시스템 로그 관리

자료: 국토지리정보원

(20) TC-0200 자료관리 의 검증 기능

요구사항 ID	요구사항
R-DMS-SFR-0020	외부 위성영상자료 등록
R-DMS-SFR-0050	계층적 관리

자료: 국토지리정보원

다) 위성영상시스템을 활용한 국토위성센터 업무 절차

□ 시스템 검증 절차는 시스템 기능 통합을 기준으로 하여 수립된 절차로 실제 위성영상시스템을 활용한 국토위성센터의 업무 절차 검토

- 위성영상시스템의 기능분석을 통해 도출된 국토위성센터의 업무는 국토관측위성의 촬영계획 수립 및 위성영상 생성, 수요자요청에 따른 위성정보 및 활용산출물 제공, 운영자 및 사용자 관리 등으로 구분
- 국토관측위성의 촬영계획은 한반도 전역에 대한 위성정보 취득 계획에 수요자 요청에 대한 추가 계획의 수립이 요구됨
- 기 획득된 위성영상정보 및 활용산출물에 대한 수요자 요청에 대응하고 시스템 유지 및 사용자 관리를 위한 운영시스템 관리 필요

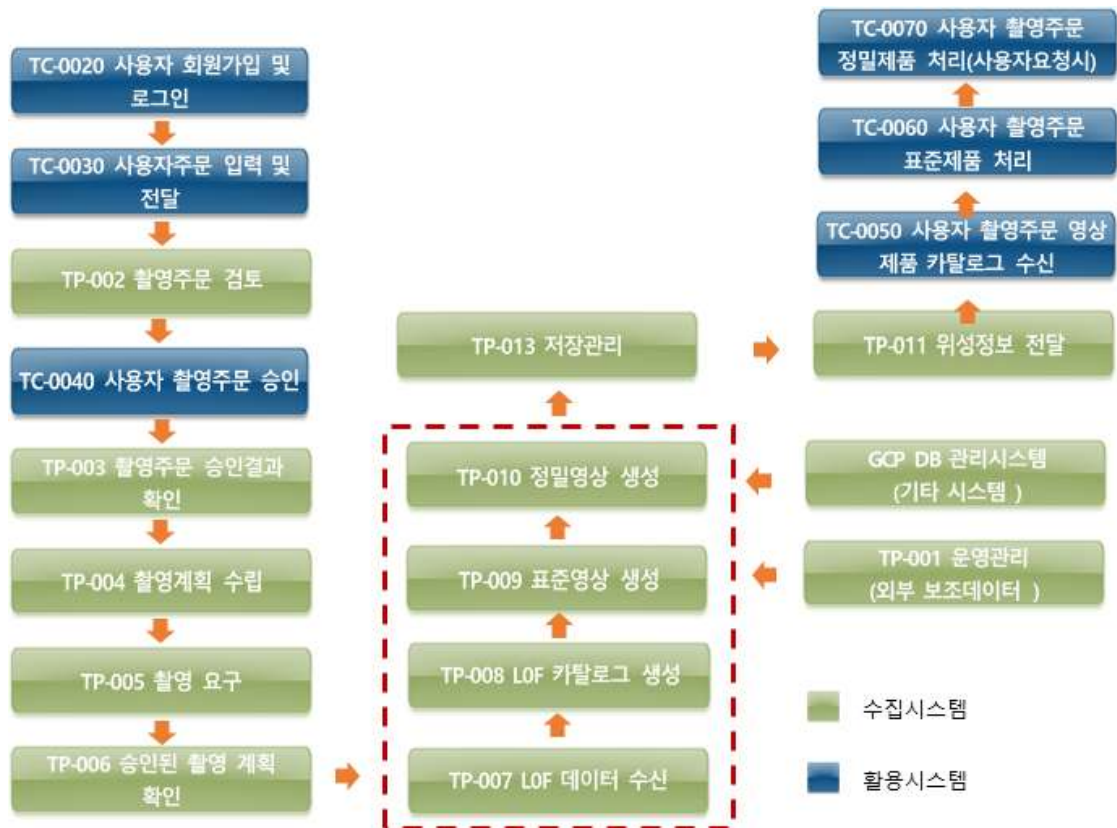
라) 신규촬영주문 처리 시험절차

□ 실제 업무로는 연단위/분기별/월별/주간/일 등의 촬영계획을 수립하고 지속적으로 촬영계획을 보완 및 수정하여 운영하여야 하나 본 내용은 시스템 검증을 위한 절차만을 검토

- 시스템 운영을 위한 시험절차를 수립하기 위해서 촬영계획 절차는 수요자 요청에 대한 촬영계획 수립, 위성정보 수신 및 처리, 보안처리, 위성영상 배포 등에 대한 시스템 적용 및 검증 수행
- 내외부 시스템들간의 연계성, 실제 요청에 대응하기 위한 업무적 시스템 매뉴얼 작성 등을 위한 시스템 절차를 수립

(1) 시험절차 수립

<그림 4-3> 신규촬영계획 수립 및 위성영상 배포 시험절차

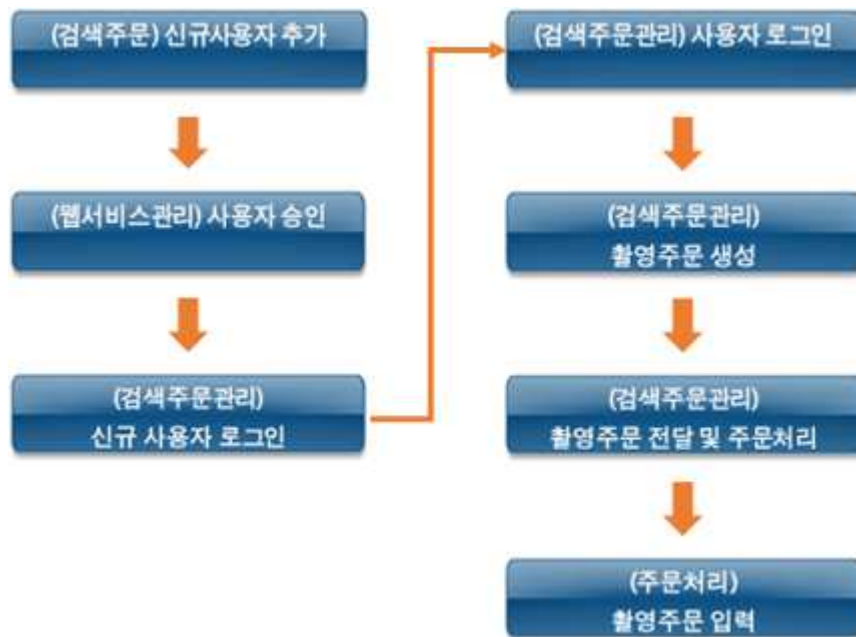


(2) 촬영계획 수립

□ TC-0020 수요자 촬영주문에서 TP-006 촬영계획 확인 항목까지의 절차를 촬영계획 수립 과정으로 시스템 시험 시 검토 사항 제시

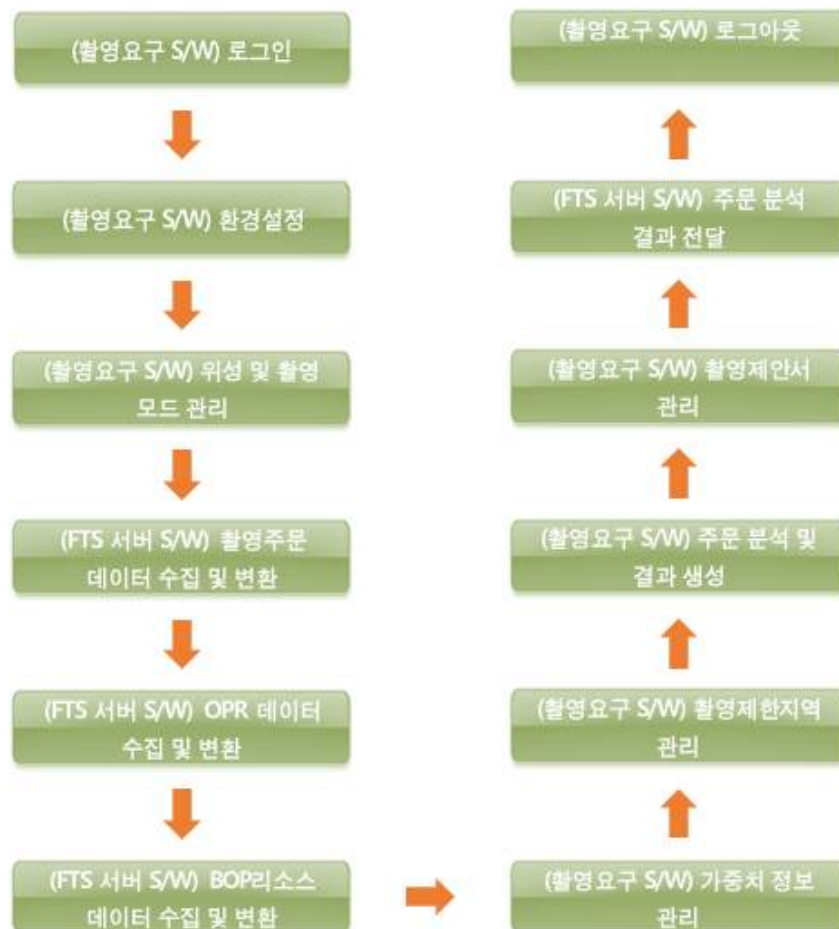
(가) 수요자 촬영주문 요청

- 수요자의 웹서비스 시스템에 회원가입 신청/로그인
- 운영자의 수요자 가입신청 검토 및 승인
- 사용자 검색주문시스템에서 촬영주문 입력 및 전송
- 수요자 촬영주문 분석결과 승인



(나) 수요자 촬영주문 검토 및 승인 확인

- 수집시스템에서 촬영주문 분석 및 결과 전송



- 수요자 촬영주문 승인 확인



(다) 촬영계획 수립 및 전송

- 위성운영계도 정보 도식
- 수요자 촬영 주문 정보 적용
- 촬영계획 수립
- 촬영계획 수립 및 전송(항우연 전달)
- 촬영계획 수신(항우연 송신) 및 확인



(3) 위성정보 수신 및 처리

□ TP-0070 LOF 데이터 수신에서 TP-011 위성정보 전달 항목까지의 절차를 위성정보 수신 및 처리에 대한 과정

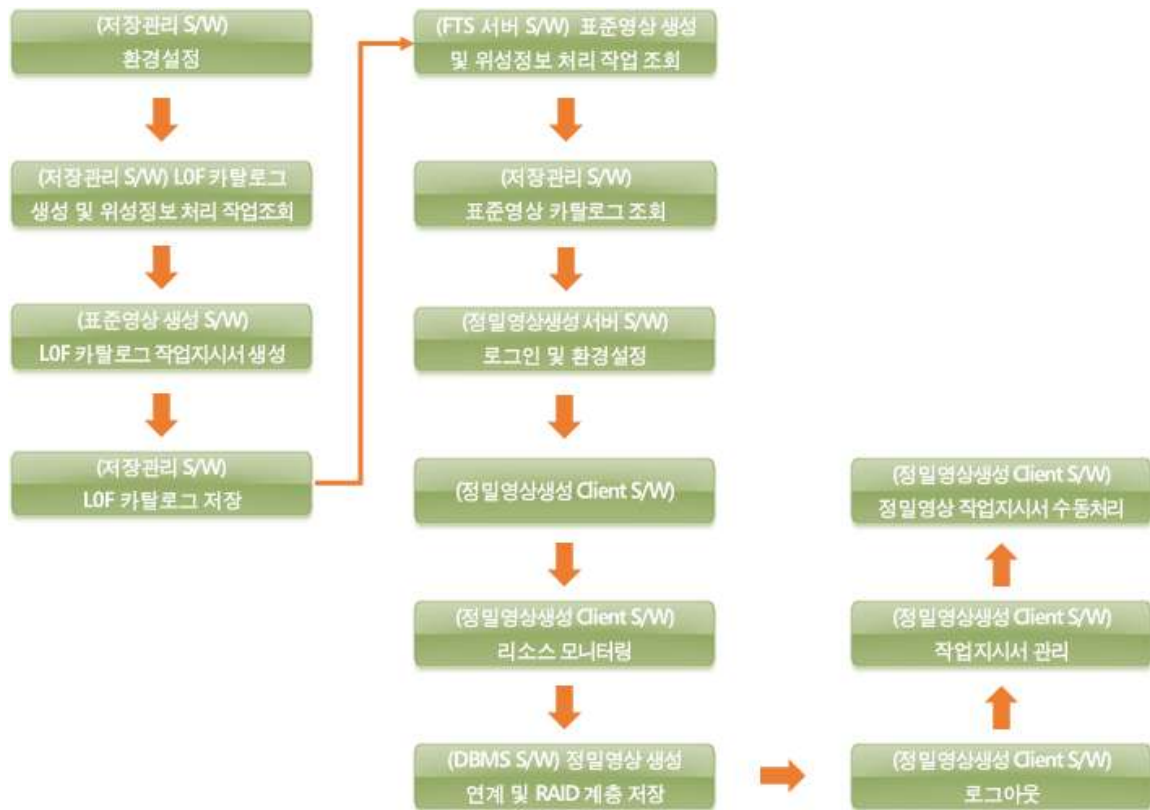
(가) LOF 데이터 수신

- 승인된 촬영계획에 대한 모든 LOF 데이터 수신 여부



(나) LOF 카탈로그 - 정밀표준영상 생성

- 현재 개발 개념 상 LOF 카탈로그 생성부터 정밀표준영상 생성까지 자동화 공정으로 처리
- 생성된 LOF 분할 씬 및 카탈로그, 표준영상, 정밀영상 등은 자동화 공정이 완료된 이후 확인
- 저장관리 시스템에서 생성되는 데이터에 대한 검토 가능 여부 확인
- 생성된 위성정보 및 영상 자료를 수요자에게 배포하기 위해 활용시스템으로 전송 여부



(4) 보안처리 및 배포

□ TC-0050 사용자 에서 TC-0070 위성정보 전달 항목까지의 절차를 위성정보 수신 및 처리에 대한 과정

(가) 촬영주문에 따른 위성성과 검토

- 수요자 촬영주문 요청 내역과 위성촬영성과 비교
- 보안처리 요청 시스템에 성과 전송 여부



(나) 보안처리 및 배포

- 보안처리 시스템 내 처리대상 리스트 확인
- 보안지역 확인 가능 여부
- 보안지역 처리 및 저장 여부
- 보안처리 영상의 배포물 등록 여부
- 수요자 주문 내역에 따라 웹, 메일, CD 등 배포 가능 및 배포 성공



마) 기존영상 및 재처리 주문 시험절차

- 기 구축되어 있는 위성정보에 대한 주문, 이전 주문처리된 내역에 대한 재 주문에 대한 절차로 배포에 대한 내용은 신규촬영 주문과 동일하나 초기 수요자 요청에 대한 절차에 차이 가 있음

(1) 시험절차 수립

<그림 4-4> 기존 제품 및 위성영상 재처리 요청 시험 절차



(2) 기존제품요청

□ 자료관리 시스템에 존재하는 보안처리된 성과품에 대한 주문처리

- 기존 보안처리되어 저장된 자료의 검색 여부
- 사용자 배포 주문 입력 및 검색 여부
- 사용자 배포 주문 승인 여부
- 배포물 등록 및 사용자 전송 여부
- 사용자 배포물 인수 확인 여부



(3) 위성영상 재처리 요청

□ 기존 주문으로 제공된 위성영상에 대한 재처리 및 배포 주문

- 재처리 요청을 위한 기존 주문 검색 여부
- 재처리 주문 입력 및 전달 여부
- 사용자 재처리 주문 승인 여부
- 재처리 데이터 등록 및 생성 여부
- 자료관리 시스템에 등록 여부
- 배포물 등록 및 사용자 전송 여부
- 사용자 배포물 인수 확인 여부



다. 노후장비 보수, 교체 및 단계별 시스템 최신화 계획

1) 장비 보수 및 교체 필요성

□ IDC(International Data Corporation) 연구 결과에 따르면 노후 장비를 교체해야 하는 이유의 가장 큰 이유는 시스템 안정성 때문이라고 함

- IT 시스템 특성상 5년 이상 된 시스템은 가용성이나 성능이 떨어지기 마련이며, 서버 부품은 시간에 따라 장애 발생률이 높아지기 때문임
- 기계적 요소가 많은 냉각 팬이나 디스크의 경우 사용 연한에 따라 장애율은 높아지며 기계적

요소가 없는 메모리 모듈에서도 <그림 4-5>와 같이 사용 연한에 따라 지속해서 장애율이 높아진다는 조사 결과가 존재

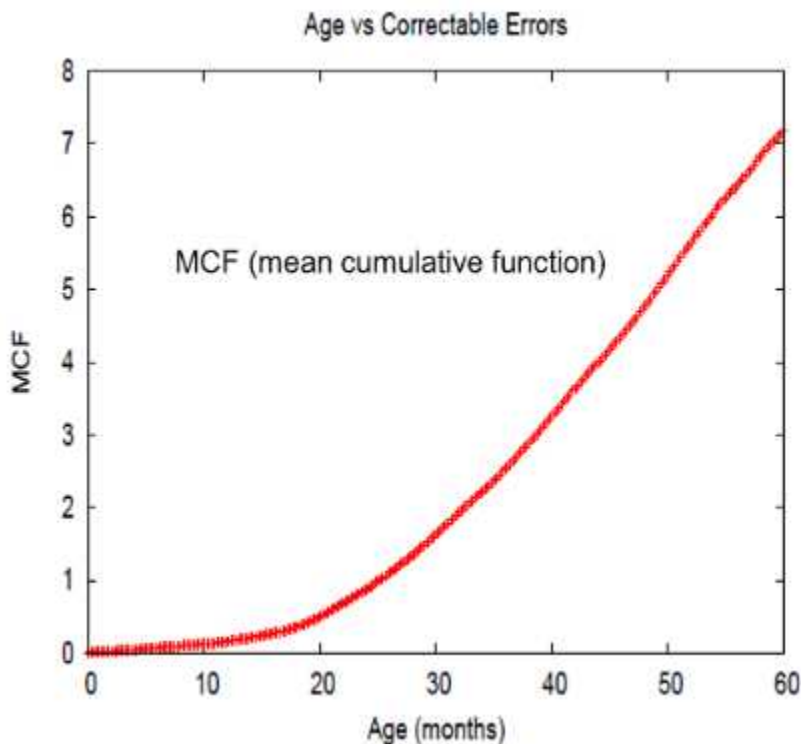
- 즉, 하드디스크처럼 기계적 요소가 있지도 않은 DRAM DIMM(메모리 모듈)에서도 사용 연한이 장애 발생률에 확연하게 영향을 주기 때문이다.

□ IDC는 정보 기술, 통신 및 소비자 기술 시장에 필요한 마켓 인텔리전스, 자문 서비스 및 이벤트를 제공하는 글로벌 리더로서 IT 전문가, 기업 중역, 투자기관이 사실에 기반해 기술 조달 및 비즈니스 전략에 관련된 결정을 내리도록 돕는 기관이면 현재 1,100명 이상의 IDC 분석 전문가가 전 세계 110여 개국에서 국내외 기술 및 산업 기회와 동향정보를 제시하는 기관

□ IDC 연구 결과를 구체적으로 살펴보면 다음과 같음

- IT 조직이 서버 인프라를 적시에 업그레이드하지 않으면 최고 성능이 39%까지 저하하고 애플리케이션 관리 비용이 최대 40%, 서버 관리 비용이 최대 148% 상승할 수 있다고 함. 정기적인 서버 인프라 업그레이드는 단점보다 장점이 훨씬 많음
- IDC의 연구 및 분석 결과는 정기적인 IT 자산 업그레이드가 긍정적인 경제 효과를 낸다는 사실을 나타내며 예기치 않은 정지 시간, 서버 자원, 애플리케이션 관리를 포함한 비용 변수와 서버 성능을 비교해 보면 서버 인프라를 최신 버전으로 유지하는 것이 명백히 유리함을 알 수 있음

<그림 4-5> 사용 기간에 따른 메모리 모듈 발생율의 예시



출처 : <https://www.linkedin.com/pulse/>

□ 우리나라의 조달청에서는 각 장비에 대한 내용연수(조달청고시 제2018-14호)에 의하여 장비별 사용 연한에 대하여 고시

- 내용연수는 어떤 물건을 구매했을 때 얼마만큼 사용할 수 있는지 기준으로 나타내는 것으로 정부 산하 행정기관에서 물품 관리의 기준으로 사용
- 이 고시는 「물품관리법」 제16조의2에서 조달청장에게 위임한 사항과 그 시행에 필요한 세부적인 지침을 정함을 목적으로 한다.

□ 해당 기준을 살펴보면 <표 4-7> 5~8년 사이에 내용연수를 정의

- 저장장치와 관련된 하드웨어는 5~6년
- 네트워크와 관련된 장비의 내용연수는 6~7년으로 정의
- 저장장치의 경우 하드디스크에서 읽고 쓰기가 연속적으로 발생하여 다른 장비에 비하여 내용연수가 짧은 것으로 추측

<표 4-7> 위성센터 관련 장비의 내용연수(조달청 기준)

물품분류번호	품명	내용연수
43201402	메모리 모듈 카드	5
43201404	네트워크 인터페이스 카드	6
43201503	중앙처리장치	6
43201513	주기관 마더보드	6
43201802	하드디스크 어레이	6
43201803	하드디스크 드라이브	6
43201827	휴대용 하드디스크 저장장치	5
43211507	데스크 톱 컴퓨터	5
43202005	플래시 메모리 저장장치	5
43211501	컴퓨터 서버	6
43211902	LCD패널 또는 모니터	5
43222501	방화벽 장치	6
43222605	네트워크 게이트웨이	6
43222609	네트워크 라우터	8
43222610	네트워크 서비스 집중장치 또는 허브	7
43222611	네트워크 채널 또는 데이터서비스 유닛	7
43222612	네트워크 스위치	7

2) 장비 교체 및 업그레이드 주기설정

□ 국토위성센터에서 사용되는 하드웨어에 대한 장비 사양 내역은 ‘2017년 국토위성정보의 수집시스템 상세설계 및 SW개발’, ‘국토위성정보의 수집활용시스템 기본설계 및 활용기초기술개발 1차년도(2018년)’보고서를 참고

- 각 장비명에 따른 설계서상 데이터 저장 기간은 <표 4-8>에서 보는 바와 같이 국토관측위성 2기 운영을 기준으로 위성정보 수신서버는 6개월
- 표준영상생성서버 1개월
- 정밀영상생성 서버 1개월
- 저장관리 및 DB 서버 10년

- 표준 및 정사영상 처리 서버 6개월
- 온라인 시스템 상에서 수집시스템은 6개월
- 활용시스템은 5년으로 설계

<표 4-8> 국토관측위성 수집·활용시스템 저장장치 용량과 저장기간

장비명	저장장치 용량	저장장치 데이터 영역 산출근거	설계서 저장기간
위성정보수신 서버 (항우연 연계)	38.4TB ×2	- 1일 수신 L0F: 11.72GB - 3개월 수신 L0F: 11.72GB × 90일 = 1054GB - 국토관측위성 2기 운영: 1054GB × 2 = 2109GB	6개월
표준영상생성 서버 (항우연 연계)	38.4TB	L0F 및 표준영상 데이터 저장 - 1개월 L0F 저장: 0.35TB - 1개월 L1R 저장: 3.51TB - 1개월 L1G 저장: 10.89TB - 1개월 총: 14.75TB - 위성2기 1개월 저장: 29.5TB	1개월
정밀영상생성 서버	38.4TB	정밀영상 데이터 저장 - 1개월 L1R 저장: 3.51TB - 1개월 L2 저장: 10.89TB - 1개월 총: 14.4TB - 위성2기 1개월 저장: 28.8TB	1개월
저장관리 서버	3.8T ×2	- L0F 카탈로그 저장관리: 2TB(10년 운영)	10년
DB 서버 - SQL	3.8T ×2	- 데이터베이스 파일저장: 2TB(10년 운영)	10년
워크스테이션	2TB ×5	- 로그 및 임시파일저장: 1TB	-
표준영상처리 서버	38.4TB ×6	L0F 및 표준영상 데이터 저장 - 1개월 L0F 저장: 0.35TB - 1개월 L1R 저장: 3.51TB - 1개월 L1G 저장: 10.89TB - 1개월 총: 14.75TB - 위성2기 1개월 저장: 29.5TB	6개월
정밀영상처리 서버	38.4TB ×6	정밀영상 데이터 저장 - 1개월 L2R 저장: 3.51TB - 1개월 L2G 저장: 10.89TB - 1개월 총: 14.4TB - 위성2기 1개월 저장: 28.8TB	6개월

장비명	저장장치 용량	저장장치 데이터 영역 산출근거	설계서 저장기간
망연계 시스템 서버	2TB	응용프로그램 환경 구성 및 필요한 S/W 설치	-
망연계 시스템 저장장치	2TB × 2	망연계 데이터 저장 - 1일 데이터: 24GB - 2개월 데이터 저장: 24GB * 60일 = 1,440GB	4개월
로비 전시용 워크스테이션	2TB	로그 및 임시파일저장: 1TB	-
온라인 저장장치	2.3PB	영상데이터 저장 (위성 2기 기준) - 수집시스템 저장(130.68TB) * L0F 5년 저장: 41.8TB * L1R 6개월 저장: 42.1TB * L1G 6개월 저장: 130.68TB - 활용시스템 저장 * L2R 5년 저장: 421.1TB * L2G 5년 저장: 1306.8TB - 총 영상데이터 저장: 1858.58TB	수집시스템 - L0F: 5년 - L1R: 6개월 - L1G: 6개월 활용시스템 - L2R: 5년 - L2G: 5년

자료: 국토관측 위성정보 활용기술센터 설립 기반연구 제3권 본보고서(기술부문, 2015년) 편집

☞ L1R : 원시영상에 방사보정된 영상

L1G : 원시영상에서 방사보정과 기하보정된 영상

□ 본 연구에서는 관련 장비의 내용연수는 조달청에 별도의 기준이 마련되어 있기 때문에 내용연수에 대해서는 별도 언급하지 않음

□ 국토관측위성 수집 및 활용시스템의 설계서에서 설정된 저장 기간을 파악하여 국토관측위성 수신 및 처리에 필요한 하드웨어 용량을 파악하고 저장용량 증가를 예측하여 하드웨어 업그레이드 기간을 예측

□ 국토관측위성을 저장할 수 있는 기간은 다음과 같이 명시되어 있음.

- 저장 공간의 산정은 국토관측위성 1대를 기준으로 1일 2회 매일 수신의 경우를 필요 저장공간이 최대로 필요한 것으로 간주하고 계산
- 국토관측위성의 수집시스템의 온라인 저장장치의 저장 기간은 L0F(원시 데이터) 5년
- L1R 및 L1G 영상의 저장 공간을 130.68TB로 산정하고 저장 기간을 6개월로 산정

□ 국토관측위성의 L1R 및 L1G 표준영상의 수신 기간별 데이터 용량은 <표 4-9>과 같음

<표 4-9> 수신 기간별 표준영상 생성 용량 예측

수신 기간	L1R 표준영상 데이터 크기(MB)	L1G 표준영상 데이터 크기(MB)
1일	599,959	899,575
1주일	1,499,716	6,297,023
1개월	17,998,785	26,987,240
1년	218,985,215	328,944,759
2년	437,970,430	656,689,519
3년	656,955,645	985,034,278
4년	875,940,861	1,313,379,038
5년	1,094,926,076	1,641,723,797

자료: 국토관측 위성정보 활용기술센터 설립 기반연구 제3권 본보고서(기술부문, 2015년)

□ 기본 보고서를 참고하여 산출한 국토관측위성 2기 운영에 따른 소요 용량과 시스템 설계상의 저장용량은 <표 4-10>와 같음

- 흑백 영상과 칼라 영상을 융합한 Pan-sharpen 영상은 활용시스템에서 자동 제작되므로 생성된 결과물은 별도 저장하지 않는 것으로 가정함.
- 저장되는 결과물은 원시영상, L1R, L1G, 정밀정사영상으로 가정함.

<표 4-10> 수신 기간별 표준영상 생성 용량 예측(국토관측위성 2기운영의 경우)

수신 기간	원시데이터 (TB)	L1R 표준영상 데이터 크기 (TB)	L1G 표준영상 데이터 크기 (TB)	정밀정사영상 (TB)	합계 (TB)
1일	0	2.3	3.4	3.4	9.40
1주일	1	5.7	24.0	24.0	54.37
1개월	7	68.7	102.9	102.9	281.86
1년	89	835.4	1,254.8	1,254.8	3,433.89
2년	178	1,670.7	2,505.1	2,505.1	6,858.63
3년	267	2,506.1	3,757.6	3,757.6	10,287.95
4년	356	3,341.4	5,010.1	5,010.1	13,717.27
5년	444	4,176.8	6,262.7	6,262.7	17,146.58
합계	671	12,607.1	18,920.7	18,920.7	51,119.26

□ 국토관측위성 1, 2호의 원시영상, 기하보정영상, 표준영상 및 정밀정사영상의 용량은 다음과 같음

- 원시데이터 이외의 데이터는 압축되지 않는 것으로 가정
- 5년 동안 필요한 전체 용량은 51,119 TB(49.92 PB)
- 정밀정사영상을 제외한 용량은 32,198.53 TB(31.44 PB)
- 기존 보고서의 온라인 저장용량은 2,355 TB(2.3 PB)로 이는 본 연구에서 계산된 용량으로는 8개월 저장용량임
- 구름이 있는 지역의 표준, 기하 및 정밀정사영상을 제작하지 않는 경우를 고려하더라도 참고문헌 상의 저장용량으로는 1.6년 저장 가능한 것으로 추정
- 따라서 1.6년 이후 데이터 확장에 대한 유지보수 및 갱신이 필요

□ 2018년도 도입 장비와 하자보증 기간을 정리하면 <표 4-11>과 같음

- 이중화 솔루션의 하자보증 기간은 2020년 12월 31일까지이므로 유지보수 계약 등에 대한 고려가 필요.

<표 4-11> 2018년도 도입 장비와 하자보증 기간

18년 도입		하자보증 기간	
항목	개수	기간(년)	종료일
위성정보수신 서버	2	3	2022-05-13
표준영상생성 서버	1	3	2022-05-13
정밀영상생성 서버	1	3	2022-05-13
저장관리 서버	2	3	2022-05-13
DB 서버 - SQL	2	3	2022-05-13
표준영상처리 서버	6	3	2022-05-13
정밀영상처리 서버	6	3	2022-05-13
Workstation	5	3	2022-05-13
운영체제	5	2	2021-05-13
데이터베이스	1	2	2021-05-13
이중화 솔루션	3	1.8	2020-12-31
서버 RACK	2	3	2022-05-13
KVM	2	3	2022-05-13
망연계 시스템 서버	2	3	2022-05-13
망연계 시스템 저장장치	1	3	2022-05-13
망연계 솔루션	1	2	2021-01-22
니어라인 저장장치	15	2	2021-05-13
NAS 공유 솔루션	1	2	2021-05-13
Active Directory 서버	2	3	2022-05-13
운영체제	2	2	2021-05-13
네트워크 접근통제	1	2	2021-05-13
보안관제 시스템	1	2	2021-05-13
정보보호 시스템	1	2	2021-05-13
네트워크 스위치	2	3	2022-05-13

18년 도입		하자보증 기간	
항목	개수	기간(년)	종료일
네트워크 스위치	1	3	2022-05-13
자료관리 워크스테이션	1	3	2022-05-13
주문처리 워크스테이션	1	3	2022-05-13
운영관리 워크스테이션	1	3	2022-05-13
배포처리 워크스테이션	1	3	2022-05-13
활용분석 워크스테이션	4	3	2022-05-13

3) 공공(민간) 클라우드 활용 방안

가) 활용현황

□ 클라우드란 필요한 만큼의 컴퓨팅 자원을 웹을 통하여 할당해주는 서비스를 뜻함.

- 컴퓨팅 자원을 할당받아 사용함으로써 생기는 장점으로 먼저 웹 서비스 시스템 개발에 필요한 컴퓨팅 자원을 별도로 구매하지 않아도 되고 새로운 시스템구축에 필요한 서버가 필요하다면 그만큼의 컴퓨팅 자원을 할당받아 사용하기만 하면 됨.
- 인터넷이 연결된 상황이라면 언제 어디서든지 할당된 컴퓨팅 자원에 접근할 수 있음
- 또한, 클라우드 컴퓨팅 기반으로 돌아가는 서비스는 자동으로 사용자 수에 따른 컴퓨팅 자원을 할당하여 유연한 서비스 운영을 할 수 있게 해줌

□ 클라우드의 종류는 서비스 유형과 구현 방식에 따라 분류

- 일반적으로 서비스 유형에 따른 분류는 SaaS(응용프로그램 서비스), PaaS(개발 플랫폼 서비스), IaaS(서버 등 인프라 서비스)로 구분
- 구현 방식에 따른 분류는 Public(민간 서비스), Private(기관 자체구축), Hybrid(Public+Private)로 구분

□ 우리나라 공공부문의 클라우드는 IT자원의 구축운영 부담 해소, 신속한 자원 할당, 외산의존, 기술종속 탈피 및 공개 SW 활성화 등의 목적으로 범정부 차원의 IT자원 통합을 추진하면서 시작

- 이를 위하여 국가정보자원관리원(당시 정부통합전산센터)을 중심으로 중앙행정기관의 IT자원을 한곳으로 모으는 위치통합이 2005년부터 2007년까지 추진되었고, 2009년부터 2012년까지 하드웨어에 대한 자원통합이 추진
- 본격적인 클라우드 전환은 2013년부터 추진되어 범정부 차원에서 기존 정보시스템을 가상화된

인프라 서비스(IaaS)를 지원하는 클라우드 컴퓨팅 환경으로의 전환을 추진

□ 국가정보자원관리원에 구축된 Private 방식, IaaS 형태의 클라우드가 G-클라우드

- G-클라우드는 기존 입주 기관에 대한 노후 장비 교체 및 신규 구축 시, 클라우드를 우선 적용하는 Cloud-First 정책을 추진
- 2015년 ‘클라우드 컴퓨팅 발전 및 이용자 보호에 관한 법률’이 제정·시행되면서 클라우드 전환이 가속화되었고 그 결과 2017년 말까지 전자정부 업무 중 60% 이상이 G-클라우드로 전환

□ SaaS 형태의 클라우드는 정부3.0 실현을 위한 ‘클라우드 기반 지식정부 구현’ 국정과제를 수행하면서 추진

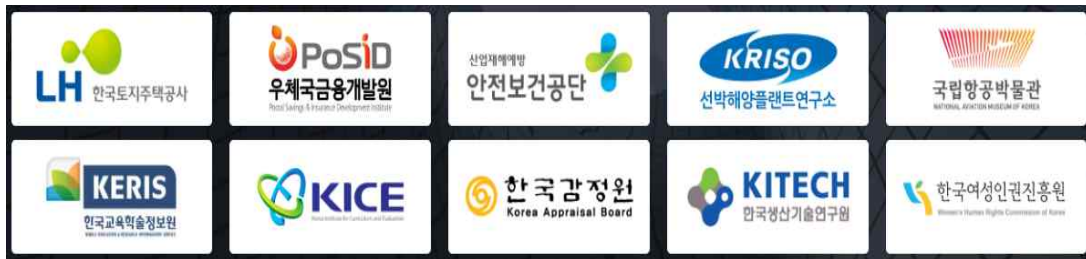
- 정부 지식의 공유·활용을 위해 기관 간 칸막이 없는 업무환경을 마련하고, 업무 SW의 공유·협업 중심의 전환이 필요
- 이를 위해 2014년에는 ISP를 추진하였고, G-클라우드(IaaS) 기반에 PaaS를 활용한 SaaS 구축, 공동업무시스템(문서생산 및 기록관리)에 대한 클라우드 전환 등의 전략을 수립

□ 공공분야에 사용하는 민간 기반의 클라우드는 가비아 g 클라우드, 네이버 NCP(네이버 클라우드 플랫폼)의 NHN의 공공부문 클라우드 솔루션인 ‘TOAST G(토스트 G).KT의 G-Cloud가 대표적

□ 가비아 g 클라우드는 다음과 같은 특징이 있음

- 가비아 g 클라우드는 국내 CSAP 인증을 받은 사업자 가운데 유일한 중소기업으로 민간 기업에 클라우드 서비스를 제공해오다 1년 만에 공공 부문에 진출
- 가비아의 ‘g클라우드’는 자체 개발한 클라우드 서비스로 고객의 사용 요구에 따라 폭넓은 맞춤 제작이 가능하다는 특징이 존재
- 문제 발생 시에도 해외 공급업체에 문의해야 하는 외부 솔루션과는 달리 자체적으로 분석 및 해결을 할 수 있어 안정적인 운영이 가능하다는 장점이 있음

<그림 4-6> 가비아 g-클라우드를 활용하고 있는 공공서비스



자료: 가비아

□ NHN의 TOAST G는 다음과 같은 특징이 있음.

- NHN의 공공부문 클라우드 솔루션인 'TOAST G(토스트 G)'는 단순한 인프라로서의 IaaS 사용 측면을 넘어 AI/빅데이터를 위한 GPU 서비스, 컨테이너 기반의 클라우드 서비스, 멀티 클라우드, 업무 협업 측면의 SaaS 등 다양한 요구에 대해 신속하게 대응할 수 있는 클라우드 서비스
- NHN은 토스트 G의 장점으로 신속하고 적극적인 지원 체계를 강조
- 기존 물리 인프라 운영환경과 다른 문의 사항에 대한 빠른 응답이 가능하며 토스트 G는 오픈 스택을 채택해 다양한 업계 표준 API를 제공
- 공공 부문의 멀티 클라우드 서비스를 위한 호환성 제공 측면에서 크게 도움이 되고 있으며 파스타와 같은 플랫폼을 서비스하기 위한 최적의 IaaS 환경을 제공한다는 것이 토스트 G의 장점
- 토스트 G는 2017년 12월 CSAP 인증을 획득

<그림 4-7> 네이버 클라우드 서비스 구성도



자료: NHN

<표 4-12> 네이버 TOAST G를 활용하고 있는 공공서비스

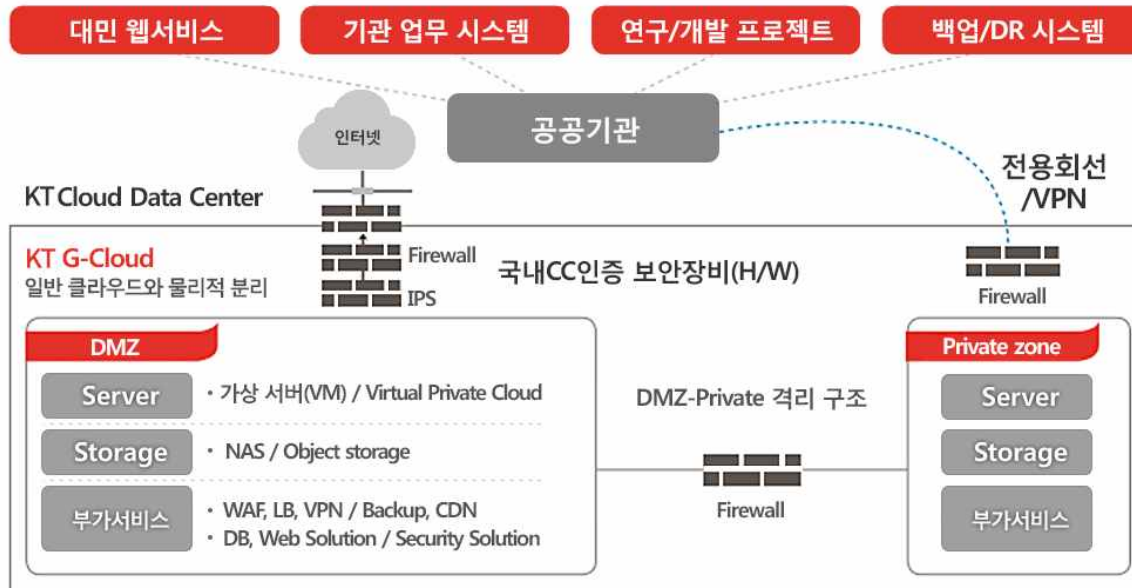
활용기간	활용서비스	비고
한국정보화진흥원	인프라와 서비스 운영	
한국교육방송공사	교육 분야의 새로운 트렌드에 따른 IT 기술 및 클라우드에 대한 필요성이 커지면서 안정적인 운영	
우정사업정보센터	블록체인 기반 지급 결제, 인증 서비스 실증·확산 사업	
한국인터넷진흥원	교육 분야의 새로운 트렌드에 따른 IT 기술 및 클라우드에 대한 필요성이 커지면서 안정적인 운영	
정보통신산업진흥원	홈페이지를 통해 유익한 정보의 전달 및 대국민 서비스 제공 등을 효율적으로 진행	
한국조폐공사	모바일 통합상품권 관리시스템 클라우드 서비스 임차 사업	
한국천문연구원	instance: 이미지 등 정적 콘텐츠에 대해 캐시 서버로 배포하여 사용자에게 빠르게 전송하는 데 활용 CDN: 안정적이고 합리적인 가격의 Instance를 활용하여 서버 구축	

□ KT G-클라우드는 다음과 같은 특징이 있음

- KT는 2015년 국내 최초로 공공부문 클라우드를 구축한 CSP
- 2016년 사업자 가운데 가장 먼저 CSAP 인증을 취득
- KT는 공공이라는 특성을 반영해 공공기관 내부에 온 사이트(On-Site) 형태로 서비스를 제공하는 모델과 대상 공공기관과 협의를 진행해 내부에 클라우드 센터를 프라이빗 형태로 구축하는 형태로 공공기관별 수요에 따라 맞춤형 제작 하는 장점을 보유
- KT G-클라우드의 특징은 먼저, 공공기관 전용으로 독립된 클라우드 서비스를 제공하며 보안성이 높았음
- 네트워크, 보안 장비, 서버, 스토리지 등 물리적 시스템 분리와 출입 통제를 제공하고 있으며, 인가된 공공기관 및 위탁받은 사업자만 사용이 승인되는 구조를 갖추고 있어 유해 환경과 분리돼 보다 보안성을 높임
- G-클라우드 전용 사용자 포털도 제공하고 있으며 포털의 로그인 방식은 OTP 인증을 통해 진행
- KT는 국내에서 첫 번째로 CSAP 인증을 획득했으며 클라우드 전용 데이터센터의 출입 통제 또한, 엄격하게 제한하고 있으며 CSAP 뿐만 아니라 정보보호관리체계(ISMS), ISO27001, SOC1, SOC2 등 내부 통제에 대한 인증도 취득했다는 장점이 존재

<그림 4-8> KT G-클라우드 서비스 구성도

G-Cloud 서비스 구성도



자료: KT

<그림 4-9> KT G-클라우드를 활용하고 있는 공공서비스



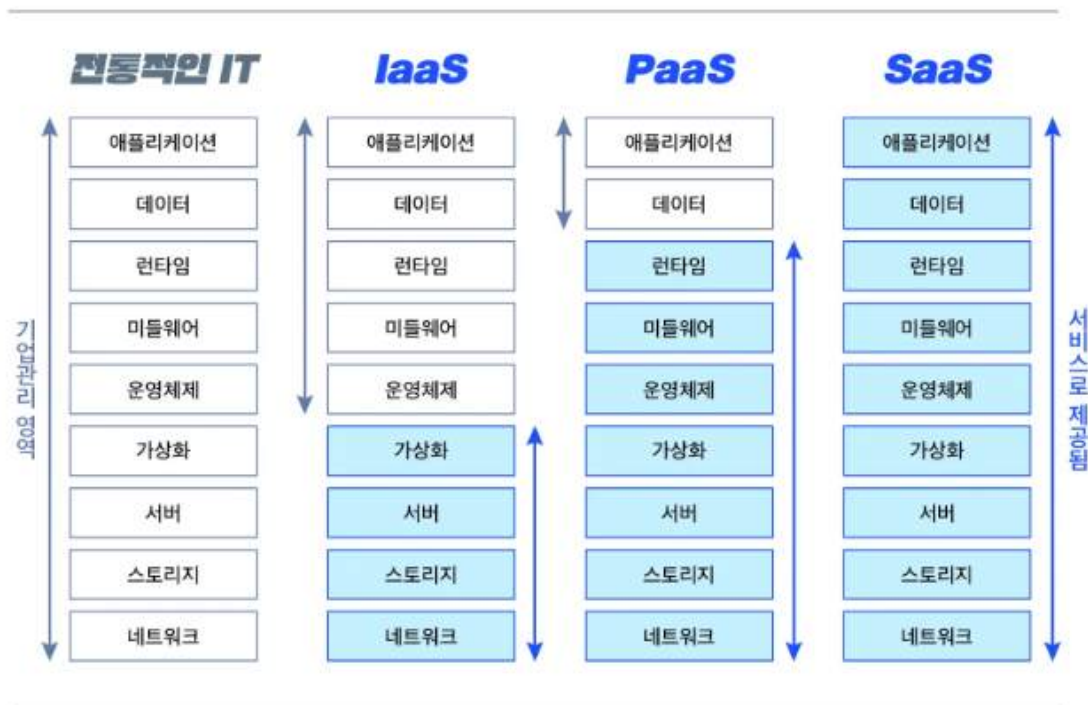
자료: KT

나) 시사점

□ 국토위성센터에서 고려할 수 있는 클라우드 서비스는 위성영상을 저장 활용할 수 있도록 가상 서버, 데이터 스토리지와 같은 서비스를 제공하는 IaaS

- IaaS는 인터넷을 통해 서버와 스토리지 등 데이터센터 자원을 빌려 사용할 수 있는 서비스로 이용자는 직접 데이터센터를 구축할 필요 없이 클라우드 환경에서 필요한 인프라를 꺼내 사용하면 되는 서비스
- IaaS 서비스는 향후 위성영상 저장 공간의 확장을 고민할 필요 없이 늘어나는 용량만큼의 데이터 공간의 추가로 구매하여 활용할 수 있고 저장 시스템의 서버 유지보수 및 업그레이드에 대해 고민을 할 필요가 없다는 장점이 있으며, 현재 다양한 공공기관에서 보안에 관련된 공식적인 인증을 거친 민간에서 제공하고 있는 클라우드 서비스를 이용하고 있어 국토위성센터에서 활용하는데 있어 문제가 없을 것으로 보임

<그림 4-10> 클라우드 서비스 영역의 예



자료: <https://www.whatap.io/ko/blog/9/>

□ 클라우드 서비스는 외부망을 통하여 위성영상 데이터를 주고받아 전송하고, 위성영상이 저장되는 클라우드 서비스가 보안 인증을 받았다고 하여도, 위성영상 보안 부분에 대한 해결이 반드시 필요

□ 다음과 같은 문제가 해결되어야 외부 클라우드 서비스를 활용할 수 있을 것으로 판단

- 위성영상이 저장되는 클라우드 서버는 반드시 국내에 있어야 함.
- 보안처리 전 영상을 클라우드 서버에 저장할 수는 없으며, 보안 처리가 된 영상에 대한 외부 클라우드 서비스 저장에 관한 규정 명확화가 필요.
- 클라우드 서버와 연결되는 행정망 등은 해당 기관간 직접 연결 등을 통한 전용망 확보 필요.
- 클라우드 서비스 사용 비용과 저장장치 확보 및 유지보수 비용에 대한 비용편익 분석 필요에 따라 비용 편익이 더 우수한 부분으로 사용

□ 이러한 문제에도 불구하고 위성영상의 클라우드 저장, 활용 등에 관한 수요 증대는 급격히 증가하는 추세로 국토관측위성을 기계학습, AI 등에 활용하기 위해서는 국토위성센터도 클라우드 서비스에 대한 중·장기적인 활용 및 발전 방향에 관한 연구가 필요.

- 구글어스 엔진은 30년 이상의 공개된 영상 및 데이터를 20 PB 이상 데이터 카탈로그를 제공하여 연구자가 클라우드 상에서 분석 및 결과 도출할 수 클라우드 환경을 제공

2. 위성영상시스템 산출물 검증 방안

가. 위성영상시스템 산출물 현황

□ 시스템 개발 시 목표로 한 성과지표를 충족 여부, 각 시스템별 산출물에 대한 평가(정확도, 활용범위 등), 활용산출물에 대한 활용범위 기준 등을 포함하여 시나리오를 작성하여 시스템 성과품에 대한 서비스 및 활용 가능성을 검토

- 평가대상에 포함되는 산출물 내역은 다음 표와 같음

<표 4-13> 위성영상시스템 산출물

종류	단계	설명
정밀영상	정밀기하보정 영상	GCP를 이용하여 위치정확도를 개선한 정밀기하수립 영상
	정밀 정사영상	정밀 DEM을 이용한 정사보정 영상
활용산출물	토지이용 및 공간객체	정밀 정사영상의 영상 밝기 값을 기반으로 분류된 공간 객체
	변화정보	동일한 지역의 다시기 정보(영상, 공간객체, 3차원 모델) 간 차이 정보
	3차원(DSM/DTM)	스테레오 영상의 입체 기하를 통해 도출된 포인트 클라우드/래스터데이터

- 산출물에 대한 검증 방안은 시험 시나리오와 다른 별도의 검증 절차를 거쳐서 시스템의 개발 결과에 대한 평가를 수행하여 국토위성센터의 업무에 적합한 산출물이 시스템을 통해 취득할 수 있는지를 확인
- 정밀영상을 생성을 위한 GCP DB에 대한 관리방안이 필요하며 해당 프로그램은 산출물을 생성 하는데 활용되는 보조 시스템으로 운영되어지나, 산출물의 품질(위치정확도)에 중요한 역할을 수행하므로 이에 대한 유지관리 방안을 모색
- 위성정보 수집·활용 시스템을 통해 산출되는 성과 및 R&D 연구단이 제시한 성과목표는 <4-14>와 같음

<표 4-14> 위성영상시스템 산출물 목표 성과

시스템 종류	단계	설명	R&D 성과 목표
수집 시스템	Level 2G	0.5m 정사영상	• 위치정확도 2pixel 이내
	Level 2R	정밀기하보정 영상	• 위치정확도 2pixel 이내 • 1썸 당 1시간 이내 생성
활용분석 시스템	토지이용 및 공간객체	토이이용 정보 생성	• 분류정확도 90%
	변화정보	기준영상대비 변화 정보 추출	• 정량적 성과 목표 없음
	3차원(DSM/DTM)	2m 격자 3차원 공간정보	• 위치 정확도 $\pm 5m$ 이내 • 1km ² 당 1시간 이내 생성 • 2m 격자 파일 생성

□ 대민서비스 및 국토위성센터 내부 업무를 위해서 각 시스템이 상기 산출물의 성과목표를 충족 및 다양한 실제 업무상에서의 성과 목표 유지 여부에 대한 검증이 필요

- 수집시스템의 최종 산출물인 정사영상은 정밀기하보정영상의 위치정확도에 좌우되어 정사영상 정확도를 검증하는 것으로 산출물을 평가하는 방안도 있으나, 공간정보 구축 시 정밀기하보정의 성과목표 수준의 기하보정 시 항공삼각측량 없이 정밀기하 보정된 스테레오 영상만으로도 1/5,000 국가기본도 활용이 가능한 정확도를 확보하여 입체도화에 활용할 수 있으므로 두 산출물에 대한 평가가 필요

□ 활용분석 시스템은 활용기술 개발을 목적으로 한 시스템이나 개발된 기술에 대한 활용의 한계를 파악하고 산출물을 대외로 제공 시 한계성을 명확히 제시하기 위해서 당 기술에 대한 검증이 요구

나. 위성영상시스템 산출물 검증 방안

가) 정사영상 평가 방안

(1) 정밀기하보정

□ 정밀기하보정 영상 개요

- 정밀기하보정 영상은 위성정보 중 RPC 계수값을 보정하는 것
- 표준영상 생성으로 산출된 RPC 계수의 정확도를 높여 위성영상의 위치 정확도를 향상 시킨 영상으로 GCP 칩과 위성영상간의 매칭을 통해 GCP 점에 매칭되는 위성영상의 영상좌표와 GCP 점의 절대좌표를 활용하여 RPC 계수를 재계산 하는 방식

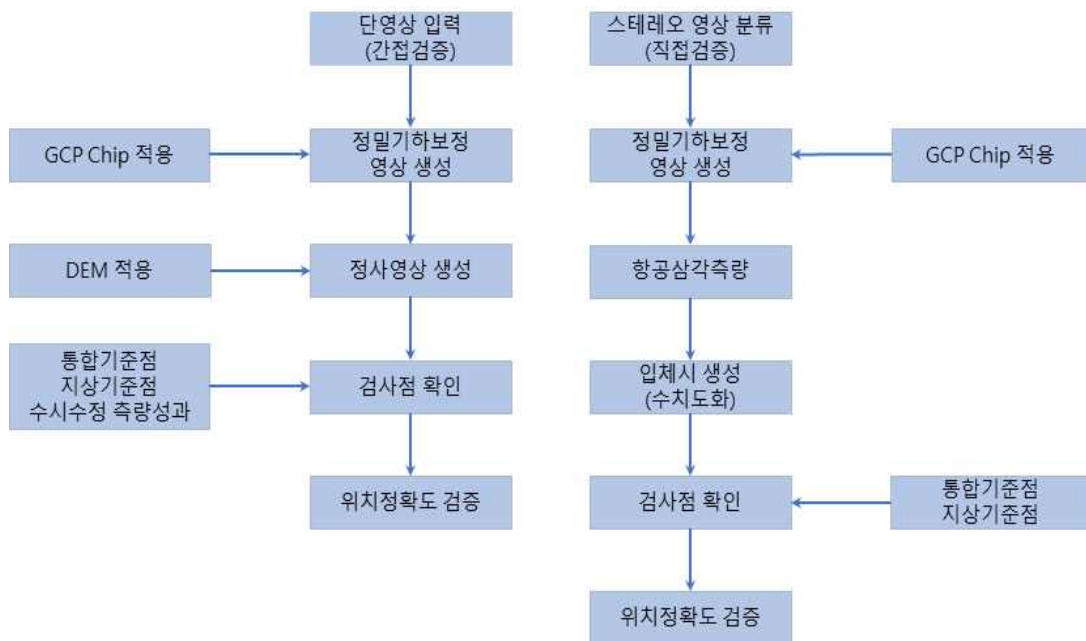
□ 정밀기하보정 영상 검증 방안

- RPC 계수가 보정된 단영상의 정확도를 직접 영상에서 검증할 방안은 현재로서는 없으며, 간접적으로 정사영상을 생성하여 위치정확도를 분석하는 것은 가능
- 정사영상으로 생성 시 정사보정에 따른 변위가 발생할 수 있으며 RPC 계수에 대한 직접적인 정확도 평가가 아닌 점을 인지
- RPC 계수에 대한 직접적인 검토를 위해서는 정밀기하로 보정된 스테레오 영상을 이용하여 수치도화기(Socket, LPS 등)에서 기준점을 비교하는 방법을 이용
- 보정된 RPC 계수를 이용해 수치도화기에 위성영상을 입력하여 입체시 상태에서 항공사진측량 사업, 국가기본도 사업 등에서 사용된 지상기준점을 검사점으로 활용하여 입체영상에서의 좌표를 취득하고 지상기준점 측량성과와 비교 분석하는 것이 직접적으로 평가할 수 있는 방법

□ 정밀기하보정 영상 고려사항

- 현재 국토위성센터가 인수한 전국에 대한 KOMPSAT-3/3A 영상 중 스테레오 이미지의 존재 여부를 확인하고 스테레오 이미지가 존재할 경우 해당 영상으로 정밀기하 보정된 RPC 계수의 정확도를 평가하는 방안을 고려
- 또한 이러한 방안은 정밀기하 보정된 스테레오 이미지의 입체시 구성에 대한 평가를 할 수 있어 수치도화 가능성을 검토

<그림 4-11> 간접직접 검증 절차



출처 : 저자작성

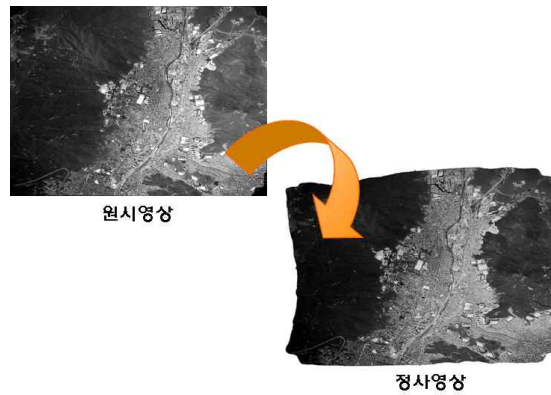
(2) 정밀정사영상 검증

(가) 개요

□ 정사영상(Ortho Image) 정의

- 항공사진, 지상사진, 위성영상 등과 같이 중심투영으로 생성된 영상을 지도와 같은 정사투영 상태로 재구성한 영상으로 지도가 가지고 있는 기하학적 성질과 사진 또는 영상이 가지고 있는 이미지적 성질이 결합된 사진영상
- 정사영상은 영상의 성격과 지도의 성격을 동시에 갖추게 되며, 이러한 장점으로 인하여 다양한 방면에서 이용
- 수치정사영상(digital orthoimage)은 과거의 hardcopy 형태의 정사영상을 컴퓨터 기반의 softcopy 형태로 디지털화하여 생성된 정사영상을 의미

<그림 4-12> 원시영상과 정사영상 비교

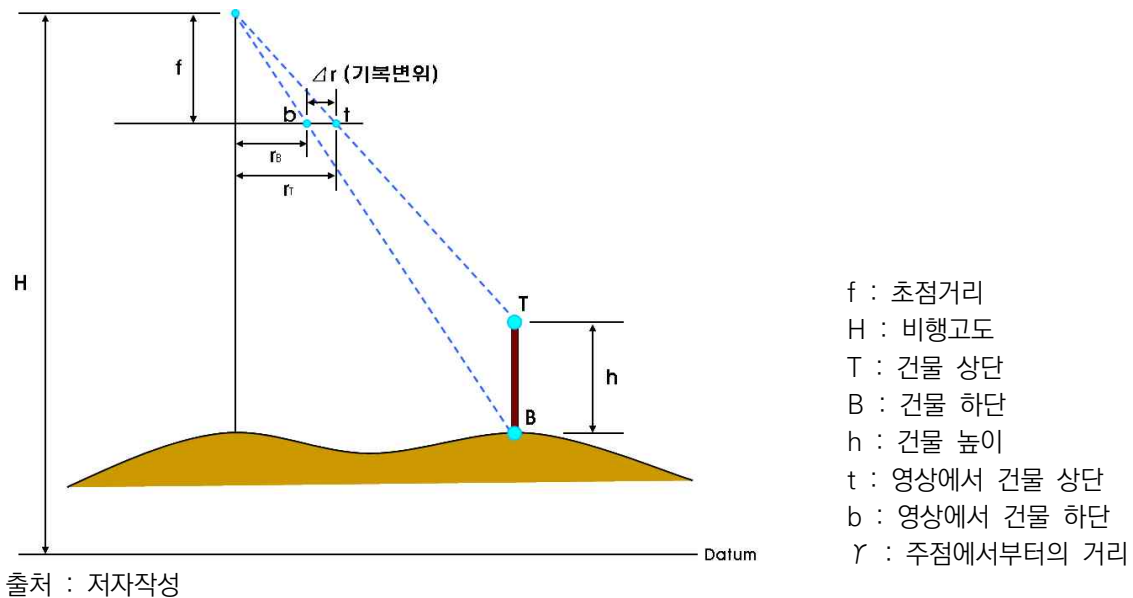


출처 : 국토지리정보원

□ 정사영상 제작 이론

- 정사영상은 중심투영으로 생성된 원시 영상과는 달리 다양한 높이를 가지고 있는 지형지물의 기복변위(Relief Displacement)를 제거하므로 정사영상에서는 실제 위치로 표현
- 정사영상에서는 각 대상 객체간의 거리 또는 방향 등을 직접 획득할 수 있다. <그림 4-13>은 중심투영으로 생성된 영상의 기복변위를 표현

<그림 4-13> 기복변위



출처 : 저자작성

- 지도와 같이 정사 투영된 영상이라면 <그림 4-13>과 같이 T점과 B점은 같은 위치에 표시되어야 하지만 중심투영으로 생성된 영상이기 때문에 서로 다른 위치에 표시되는 기복변위가 발생
- 기복변위를 제거한 정사영상은 지형지물이 지도에서 보는 바와 같이 정사투영 형태를 띠게 되므로 지도와 마찬가지로 영상 내의 모든 점이 그 지점의 상대적인 실제 평면위치를 가지게 되어 거리, 면적, 위치 등의 정확한 측정이 가능

(나) 정사영상제작 방법

□ 수치정사영상을 제작하기 위해서는 영상의 센서모델링(Sensor Modeling)을 통해 얻어진 영상의 내부 및 외부표정요소(Interior and Exterior Orientation Parameter)와 기복변위 제거를 위한 수치표고모형(Digital Elevation Model : DEM, 이하 DEM)이 필요

- DEM은 정사영상 제작에 중요한 자료로서 그 정확도와 공간적 밀도는 정사영상의 품질(Quality)에 직접 연관
- 외부표정요소를 얻기 위해 사용된 측량기준점의 정확도 역시 수치정사영상의 정확도에 영향
- 정사영상을 제작하기 위해서는 3차원인 대상공간(Object Space)과 2차원인 영상공간(Image Space) 간의 변환을 위한 센서모델링이 이루어져야 하며, 대상공간에서의 3차원 좌표는 DEM 격자의 평면위치와 해당 격자의 높이 값을 사용하여 제작되는 정사영상은 센서모델과 DEM에 의한 정확도가 결정

① 센서모델링

- 항공사진 등과 같은 프레임 영상(Frame Image)은 물리적 모델(Physical Model)인 공선조건식(Collinearity Condition Equation)을 이용하여 센서모델링을 수행하고, 위성영상은 RMF 모델이 많이 활용
- 공선조건식은 공간상의 임의의 점(또는 대상점)과 그에 상응하는 영상의 대응점 및 센서의 투영 중심이 동일한 직선상에 존재한다는 조건에 의해 수립되는 영상좌표와 대상점 좌표, 투영중심 좌표 사이의 관계식
- RFM은 절대좌표(지상3차원좌표)와 영상좌표(이미지 좌표)간의 비례관계식을 이용하여 변환하는 방식으로 위성 정보를 제공하지 않고 위치정보를 취득할 수 있는 장점

② 정사보정

- 정사영상을 제작하기 위해서는 여러 가지 방법이 적용될 수 있으며, Polynomial Rectification, Projective Rectification, 수치미분편위수정(Differential Rectification) 등이 가장 많이 사용되는 방법
- polynomial, projective rectification 방법은 센서의 기하나 자세와는 상관없이 영상과 정사영상과의 수치적인 변환에 의해 정의되는 근사화된 방법
- 수치미분편위수정은 각 영상에 적합한 센서모델에 의해 물리적인 실제성을 모형화하고 기복변위를 보정하며 센서의 왜곡을 보정하기 위하여 추가적인 매개변수가 포함
- 수치미분편위수정은 크게 Anchorpoint 방법과 Pixel by Pixel 방법(Mayer and Heipke, 1988)으로 나눌 수 있으며, 두 번째 방법이 좀 더 엄격한 방법으로써 DEM의 각각의 격자에 항공사진이나 위성영상의 픽셀값(Gray Value)을 결정하는 것
- 이 방법에는 영상에서의 각각의 픽셀을 대상 공간 즉, DEM으로 투영하는 직접적 방법

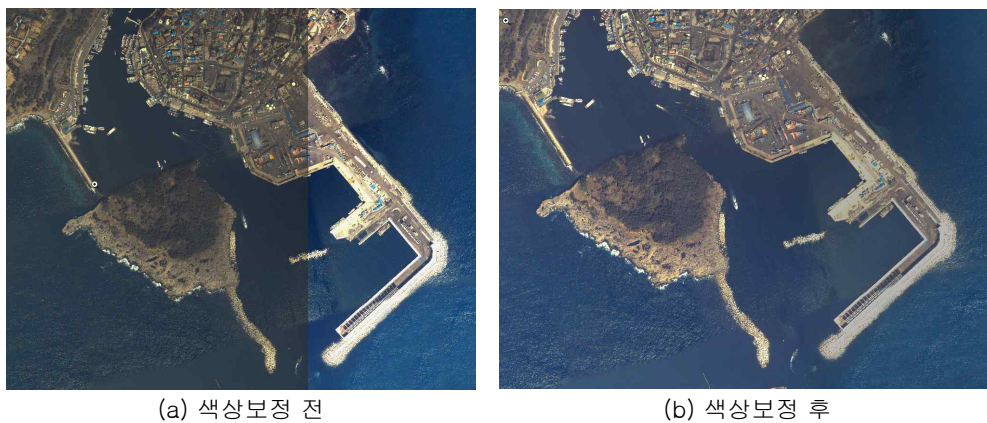
(Forward Projection)과 DEM에서의 각각의 픽셀을 영상공간으로 역투영하는 간접적 방법 (Backward Projection)이 존재하며 이 방법에서 정확한 기복변위의 수정을 위하여 정확한 DEM이 필요

- DEM에 의해 얻어진 3차원 좌표를 통하여 각 영상에 적합한 센서모델을 이용하여 정사영상의 픽셀값을 결정
- 영상으로부터 정사영상의 픽셀값을 추출하는 방법으로는 가장 가까운 곳에 있는 픽셀값을 사용하는 최근린 보간법(Nearest Neighbor Interpolation), 지상좌표로부터 계산된 영상좌표 주변 4개의 픽셀값의 거리에 따른 가중평균값을 사용하는 공일차 보간법(Bilinear Interpolation), 주변 16개의 픽셀값을 사용하는 공이차 보간법(Cubic Interpolation) 등 임
- 정사영상 제작을 위한 보간법 중 최근린 보간법은 픽셀값의 변화가 없으면서 가장 빠르나 영상에서 대각선 방향의 지그재그 현상으로 인해 영상이 자연스럽지 못하며, 일부의 픽셀값이 중첩되거나 삭제
- 공일차 보간법은 새롭게 생성된 픽셀값이 4개의 가장 가까운 픽셀들에 가중치를 곱한 값이 되며, 가중치는 선형적으로 결정되어지며, 각각의 가중치는 각각의 존재하는 픽셀로부터 거리에 정비례되며 최근린 보간법보다 더 부드러운 영상을 획득

③ 정사영상 색상보정 및 편집

- 정사영상을 제작하는 데 있어서, 대상 지역의 규모에 따라 여러 장의 정사영상을 조합하여야 하는 경우가 많이 발생하는데, 이러한 방법을 모자이크(mosaic)라 하며 칼라항공사진 영상의 색상이 일치하지 않아 모자이크를 수행하기 전에 먼저 정사영상의 색상 보정이 필요

<그림 4-14> 색상보정




(다) 정사영상 성과 검증

□ 위성영상시스템으로부터 생성된 정사영상과 항공정사영상 검증의 차이점

- 일반적인 정사영상은 항공사진 촬영성과부터 DEM 성과까지 단계별 공정에서 산출되거나 활용된 성과에 대해 체계적인 실증을 바탕으로 양질의 성과가 제작되었음을 확인할 수 있으나, 위성영상을 활용한 정사영상의 경우 위성정보 수집시스템에 의해 생성되고 국토지리정보원에서 구축한 기준점(지상기준점, 국가기준점), DEM 성과 등을 기반으로 생성되기 때문에 최종 산출물인 정사영상에 대한 검증이 필요

<표 4-15> 정사영상 실증방안

구분	실증내용
정사영상 위치정확도 검증	<ul style="list-style-type: none"> - 기준점 성과 및 기 구축 수치지형도 성과를 활용한 평면정확도 검증 - 정확도 검증기준은 『항공사진측량 및 영상지도제작 작업규정』 준용 

□ 정사영상 산출물 검증 시 활용 데이터

- (검증 대상) 위성영상시스템으로부터 생성된 정사영상
- (기준데이터) 위 정사영상 촬영연도와 동일한 연도 또는 다음해에 제작된 수치지형도(1/5,000)
- (기준데이터) 정사영상 제작 지역 내 통합기준점, 지상기준점, 국가기본도 수시측량 성과 등
- 수치지형도는 2년 주기로 전국을 갱신하는 국가기본도 성과를 활용하며 정사영상 내 건물등의 형상 일치 및 위치 정확도의 기준 자료
- 통합기준점, 지상기준점, 국가기본도 수시측량 성과 등은 직접측량된 정밀한 위치좌표로 정사영상의 실제 위치오차를 검토하기 위한 기준 자료

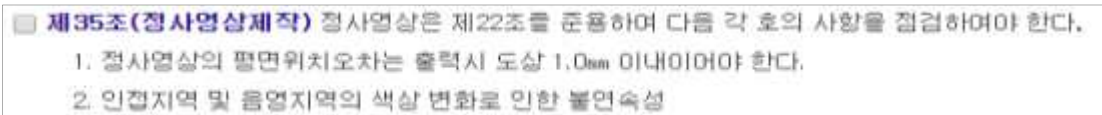
□ 기준 데이터를 바탕으로 정사영상의 위치정확도를 검증하기 위해서 필요한 소프트웨어

- (수치지도제작) AutoCAD map 계열
- (GIS 프로그램) Qgis 계열, Arcgis 계열
- (원격탐사 프로그램) Globalmapper 계열
- 래스터 데이터인 정사영상과 벡터데이터인 수치지형도, 통합기준점 등을 비교하기 위해서 공간 정보 데이터를 처리할 수 있는 프로그램이 요구됨

① 정사영상 검증을 위한 준용 규정

- 정사영상의 위치정확도 검증 시 활용여부에 대한 기준은 2019년 7월에 국토지리정보원에 고시한 제2019-147호 영상지도제작에 관한 작업규정 제35조(정사영상제작)에 명시된 기준에 근거

<그림 4-15> 영상지도제작에 관한 작업 규정



자료: 영상지도제작에 관한 작업규정[국토지리정보원고시 제2016-429호, 2016. 2. 12., 타법개정]

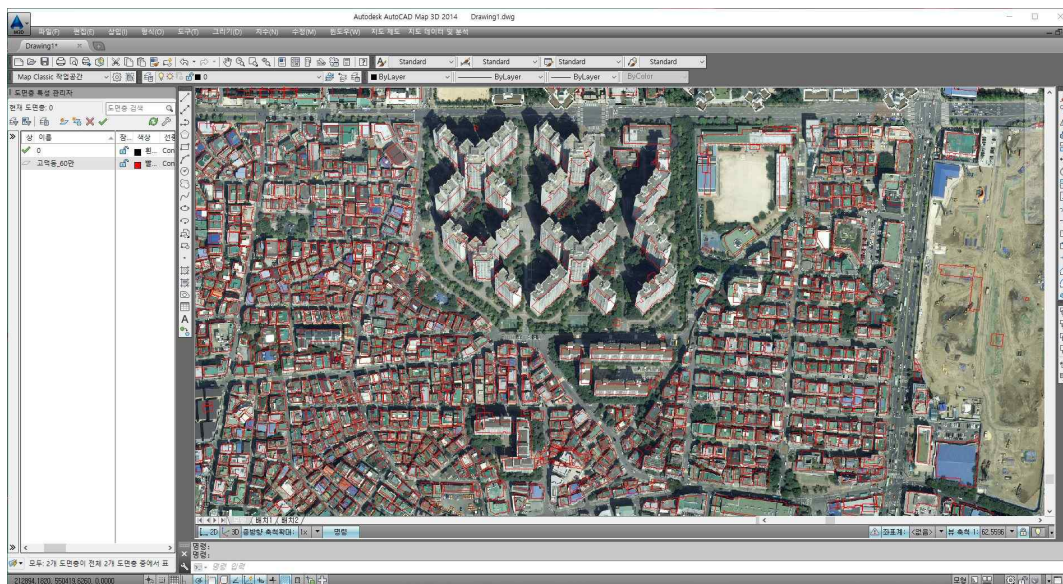
② 수치지형도 기준으로 한 정사영상 위치정확도 검증 방안

- 정사영상 정확도 검증 방안은 AutoCAD Mapdmf 활용하여 정확도를 확인

□ 데이터 로딩

- AutoCAD Map에서 메뉴의 지도제도->이미지를 통해서 정사영상을 로딩
- 수치지형도 1.0 정위치 파일은 AutoCAD Map에서 직접 로딩

<그림 4-16> AutoCAD Map에서 로딩된 데이터 모습

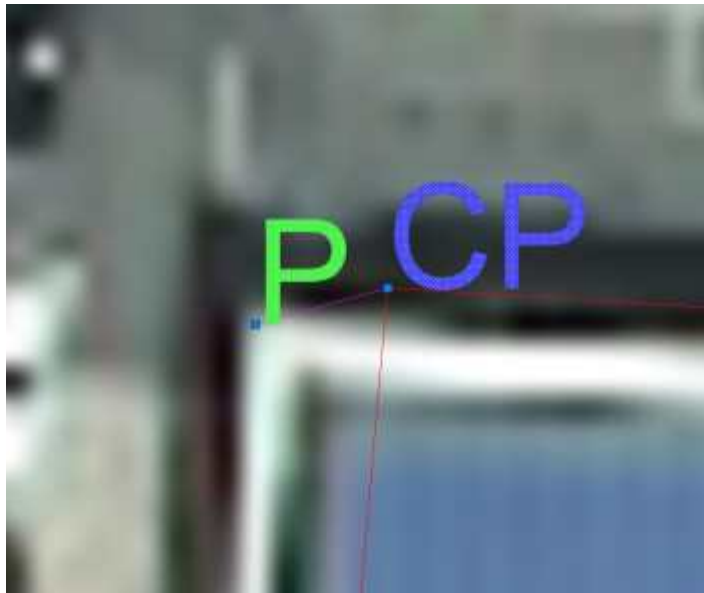


자료: 저자작성

□ 검사점 선정

- AutoCAD Map에서 정사영상을 검증하기 위한 점을 P점으로 선점 및 포인트를 입력하고 선점한 검사점에 대응하는 수치지형도의 건물, 도로 모서리 등을 검사점으로 CP로 하고 선택 및 포인트 입력

<그림 4-17> 영상의 선점과 검사점 표기



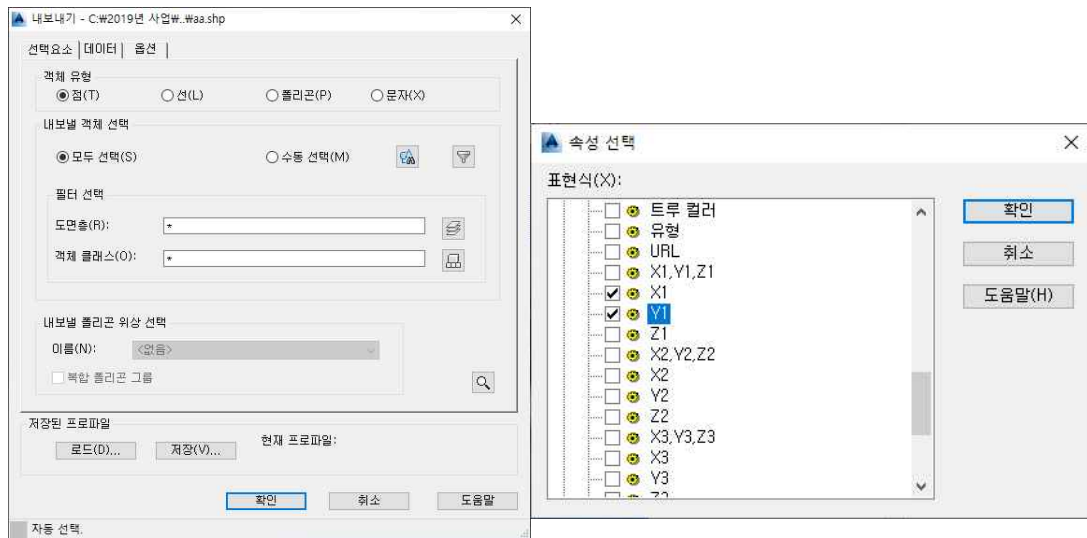
자료: 저자작성

- 검증하고자 하는 정사영상내 검사점과 영상 선점을 정사영상내 균등하게 분포시켜 20~30점을 선점

□ 검사점 내보내기

- AutoCAD Map에서 검사점으로 사용하고자 하는 CP만을 선택하고 지도제작->내보내기를 선택하고 내보내기 창에서 파일유형을 SHP로 선택
- 저장하고자 하는 파일명을 입력후 확인을 하면 SHP 옵션창이 나타나며 점 또는 텍스트를 선택하고 데이터를 클릭하면 속성선택 창이 나타남
- 나타난 속성창에서 X, Y좌표값을 선택한 후 확인을 누르면 내보내기 옵션창으로 돌아오며 옵션창에서 다시 확인을 클릭하면 검사점의 좌표를 속성으로 하는 SHP파일이 생성
- 동일한 방식으로 정사영상 선점인 P점들을 SHP파일로 변환

<그림 4-18> 검사점 및 정사영상 선점의 좌표를 SHP파일로 내보내기



자료: 저자작성

□ 선점과 검사점 비교 분석

- SHP파일로 생성된 선점과 검사점의 SHP파일은 각 점에 대한 좌표를 속성으로 가지고 있으며 이를 활용하여 엑셀에서 대칭되는 두 점간의 거리오차를 산출
- 산출된 오차값들의 RMSE를 계산하여 수치지형도대비 정사영상의 위치 오차를 확인

③ 통합기준점, 지상기준점 등 측량성과를 기준으로 정사영상 위치정확도 검증 방안

- 정사영상 정확도 검증 방안은 Arcgis, AutoCad를 활용하여 정확도를 확인

□ 통합기준점 및 지상기준점 등의 좌표를 포인트로 변환

- ArcGIS를 이용하여 엑셀로 정리된 기준점파일을 로딩하고 점형의 이벤트 파일로 변환
- 변환된 점형의 이벤트 파일은 SHP파일로 내보냄

□ AutoCad에서 정사영상과 기준점 SHP파일 로딩

- 메뉴에서 지도제작->이미지를 통해 정사영상 로딩, 지도제작->불러오기를 통해 SHP파일을 점으로 불러오며, 라벨링을 하여 포인트 ID를 표기
- 검사점인 기준점들을 점의 조서를 통해서 정사영상에서의 위치를 확인하고 선점을 수행

□ 정사영상 상 기준점의 위치를 표기한 선점 내보내기

- AutoCAD Map에서 선점으로 사용하고자 하는 CP만을 선택하고 지도제작->내보내기를 선택하고 내보내기 창에서 파일유형을 SHP로 선택

- 저장하고자 하는 파일명을 입력후 확인을 하면 SHP 옵션창이 나타나며 점 또는 텍스트를 선택하고 데이터를 클릭하면 속성선택 창이 나타남
- 나타난 속성창에서 X, Y좌표값을 선택한 후 확인을 누르면 내보내기 옵션창으로 돌아오며 옵션창에서 다시 확인을 클릭하면 검사점의 좌표를 속성으로 하는 SHP파일이 생성

□ 선점과 검사점 비교 분석

- SHP파일로 생성된 선점과 기준점의 SHP파일은 각 점에 대한 좌표를 속성으로 가지고 있으며 이를 활용하여 엑셀에서 대칭되는 두 점간의 거리오차를 산출
- 산출된 오차값들의 RMSE를 계산하여 수치지형도대비 정사영상의 위치 오차를 확인
- 기준점을 통해 산출된 거리오차는 참값으로 볼 수 있는 측량성과 대비 오차이므로 정사영상의 위치정확도를 증명함

나) 토지이용분류 및 공간객체 추출 검증

□ 토지이용분류 개요

- 토지이용분류는 지구상의 표면을 분류하는 것으로 원격탐사의 대표적인 활용 방법의 하나로 국가에서 중점관리하는 항목을 기준으로 토지피복된 상태를 분류
- 국내에서는 지표면의 생태학적 특성을 반영하고, 공간계획 및 각종 모델링의 기초데이터로 환경업무 전반에 활용하는 것을 목표로 제작
- 미국의 USGS, 유럽의 CORINE 등의 분류체계를 검토하여 국내 현황에 적합하도록 수정
- 분류체계는 대분류 7개, 중분류 22개, 세분류 41개 항목으로 구성되나 위성영상시스템을 통해 구축되는 항목은 위성영상으로부터 자동분류가 가능한 나대지, 산림지역, 초지, 수계, 건물, 도로 등 6개 항목을 대상으로 선정

<표 4-16> 토지피복도 분류 체계

대분류(7항목)		중분류(22항목)		세분류(41항목)	분류 코드	색상코드			
						R	G	B	비고
시가화 건조 지역	100	주거지역	110	단독주거시설	111	254	230	194	
				공동주거시설	112	223	193	111	
		공업지역	120	공업시설	121	192	132	132	
				상업·업무시설	131	237	131	184	
		상업지역	130	혼합지역	132	223	176	164	
				문화체육휴양 지역	141	246	113	138	
		교통지역	150	공항	151	229	38	254	
				항만	152	197	50	81	
				철도	153	252	4	78	
				도로	154	247	65	42	
				기타 교통·통신시설	155	115	0	0	
		공공시설지역	160	환경기초시설	161	246	177	18	
				교육·행정시설	162	255	122	0	
				기타 공공시설	163	199	88	27	
농업 지역	200	논	210	경지정리가 된 논	211	255	255	191	
				경지정리가 안 된 논	212	244	230	168	
		밭	220	경지정리가 된 밭	221	247	249	102	
				경지정리가 안 된 밭	222	245	228	10	
		시설재배지	230	시설재배지	231	223	220	115	
		과수원	240	과수원	241	184	177	44	
		기타재배지	250	목장·양식장	251	184	145	18	
				기타재배지	252	170	100	0	
산림 지역	300	활엽수림	310	활엽수림	311	51	160	44	
		침엽수림	320	침엽수림	321	10	79	64	
		혼효림	330	혼효림	331	51	102	51	
초지	400	자연초지	410	자연초지	411	161	213	148	
				골프장	421	128	228	90	
		인공초지	420	묘지	422	113	176	90	
				기타초지	423	96	126	51	
습지	500	내륙습지	510	내륙습지	511	180	167	208	
		연안습지	520	갯벌	521	153	116	153	
				염전	522	124	30	162	
나지	600	자연나지	610	해변	611	193	219	236	
				강기슭	612	171	197	202	
				암벽·바위	613	171	182	165	
		인공나지	620	채광지역	621	88	90	138	
				운동장	622	123	181	172	
				기타나지	623	159	242	255	
수역	700	내륙수	710	하천	711	62	167	255	
				호소	712	93	109	255	
		해양수	720	해양수	721	23	57	255	

자료: 환경부

□ 공간객체 분류

- 토지이용분류체계에 따르면 건물과 도로는 대분류 중 시가화 분류 안에 포함된 세분류 항목이나 최신 국토관측위성을 통해 국가기본도의 수정 방안을 모색한 결과, 건물, 도로에 대해서 별도의 구분이 필요
- 래스터 데이터인 위성영상으로부터 추출된 객체정보를 벡터 데이터로 normalization 알고리즘을 통해 변환
- 일반화된 공간객체를 활용하여 수치지형도와 주제도 수정·갱신 방안을 고려

(1) 토지이용 및 공간객체 분류 과정

(가) 위성영상의 기하 및 정사보정

□ 토지이용 및 공간객체 분류 성과를 도출하고 활용하기 위해서는 일정 수준의 위치 및 분류정확도를 확보를 위해 위성영상의 정사보정된 정사영상을 기반으로 분류를 수행

- 위치정확도를 확보하기 위해서 제공되는 위성영상의 RFM 모델계수를 지상기준점을 통해 보정하고 DEM을 통해서 정사보정을 수행하여 분류된 성과의 위치정확도를 확보
- 정사영상의 위치정확도는 정밀정사보정 영상의 목표정확도인 2Pixel 이내의 정확도를 확보

<그림 4-19> 지상기준점 배치 및 보정






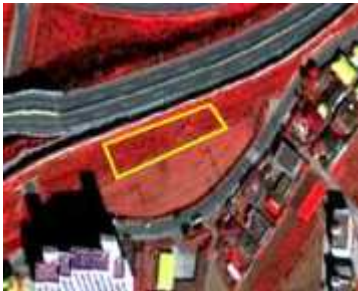

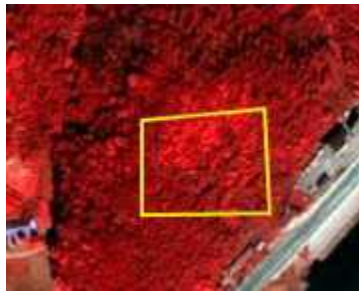


자료: 저자작성

(나) 토지이용 분류 수행

□ 화소기반 분류 기법

- 화소기반 분류는 무감독 분류, 감독분류 등으로 나누어지며, 무감독 분류는 자동알고리즘을 통해서 위성영상의 화소값을 기반으로 분류하는 것으로 정확도가 낮음
- 감독분류는 각 분류 항목에 대한 작업자가 트레이닝 사이트를 지정하여 사이트의 화소값을 기반으로 위성영상을 분류하여 작업자의 요구사항에 근접한 결과를 도출

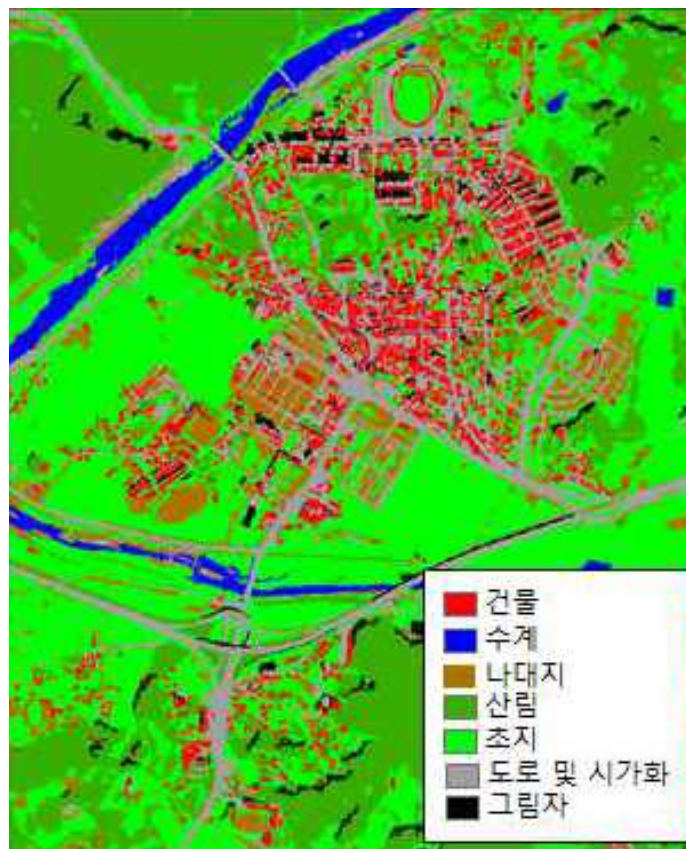
<표 4-17> 감독분류 Training Site 선정 예시

그림자	나대지	수계
		
초지	농업지역	산림지역
		
공간객체 - 도로		공간객체 도로
		

□ 객체기반 분류 기법

- 객체기반 분류 기법은 축척인자, 분광 및 공간인자, 평활화 및 조밀화 인자의 가중치에 따라 영상을 분류하는 기법으로 해당요소의 가중치에 따라 결과값이 변화
- 축척인자는 영상분할을 위한 탐색영역의 크기로 값이 증가하면 분할된 객체의 크기가 증대되는 정비례관계
- 분광정보와 공간인자는 반비례 관계로 한요소가 증가하면 다른요소는 작아지는 특성을 지니며, 분광인자는 영상의 분광정보와 유사성을 통해 분할하는 인자이며 공간인자는 분할 객체의 형태를 정형적으로 분할하는 인자로 분광인자의 가중치가 높을수록 분할결과가 양호
- 공간인자는 평활화 및 조밀화 인자로 나누어지며 평활화 인자의 가중치가 높으면 분할객체의 형태가 간결하고, 조밀화 인자의 가중치가 높으면 분할 객체의 형태가 복잡하고 조밀하게 생성되어 두 인자의 가중치는 동일하게 설정하는 것이 분할 정확도를 향상
- 활용기술을 개발하는 R&D 연구단의 연구결과 화소기반 분류(약70%)보다 객체기반 분류(약 90%)가 정확도가 높은 것으로 나타나 토지용 분류 및 공간개체 추출은 객체기반 기법으로 수행

<그림 4-20> 객체기반 분류 결과 예시



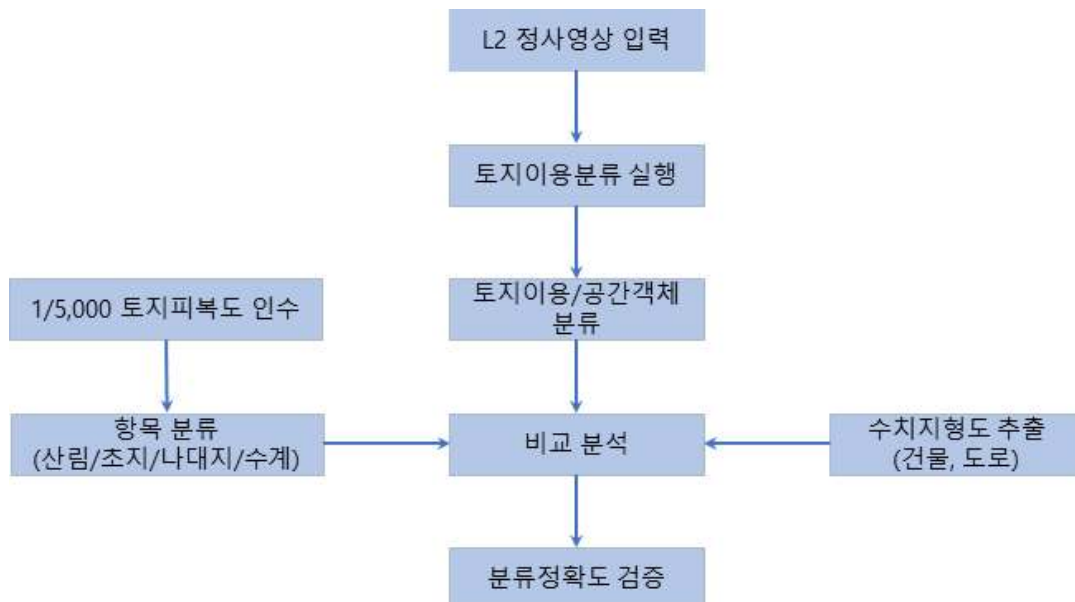
출처 : 국토지리정보원

(2) 토지이용 및 공간객체 검증 방안

(가) 토지이용 및 공간객체 산출물 검증 목적

- 토지이용 및 공간객체 산출물의 검증은 단순히 개발된 기술의 분류 정확도만을 검증하는 것이 아닌 추출된 성과의 위치정확도에 대한 검증 추가로 수행
- 특히 공간객체에 대한 위치정확도의 검증은 추후 위성영상을 통해 국가기본도의 건물, 도로에 대한 수정·갱신을 수행 가능성을 검토하기 위해서 필요
- 수치지형도와 최신 위성영상에서 추출된 공간객체를 비교하여 신규 건물 및 도로를 추출할 수 있다면 국가기본도 수시수정 갱신을 지원 가능함에 따라 가능성에 대한 추가 연구 필요

<그림 4-21> 토지이용 및 공간객체 추출성과 검증 절차



출처 : 저자작성

(나) 토지이용 및 공간객체 산출물 검증 시 활용 데이터

- (검증 대상) 활용기술 개발로 개발된 토지이용 및 공간객체 주제도
- (기준데이터) 위 성과를 분류한 정사영상 촬영연도와 동일년도 또는 다음해에 제작된 수치지형도V2.0(구조화성과)
- (기준데이터) 환경부에서 제작한 1/5,000 토지피복도
- 수치지형도는 공간객체 대상인 건물, 도로의 추출 성과에 대한 위치 및 분류 정확도를 검증하기 위한 기준 자료
- 토지피복도는 토지이용 분류항목인 나대지, 수계, 산림, 초지에 대한 분류 정확도 및 분류된 영

역의 정확도를 검증하기 위한 기준자료

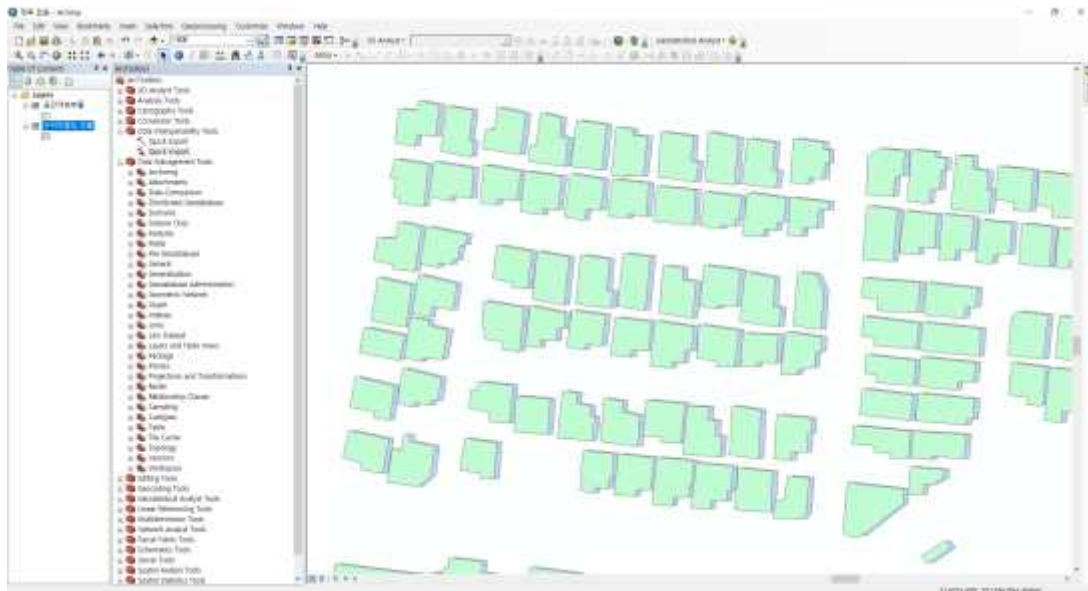
(다) 토지이용 및 공간객체 추출의 정확도를 검증하기 위한 활용 소프트웨어

- (GIS 프로그램) Qgis 계열, Arcgis 계열
- 토지이용 및 공간객체 추출은 벡터데이터간의 비교 분석을 수행하여야 하며 이를 수행할 수 있는 소프트웨어는 GIS 전용 소프트웨어로 SHP파일에 대한 Overlay Analysis 기능이 요구됨

(라) 데이터 로딩

- Arcgis에서 메뉴의 Add Data 아이콘을 클릭하여 수치지형도, 공간객체 추출 성과를 로딩
- Shp 파일의 좌표를 Korea_2000_Korea_Central_Belt_2010 좌표계로 통일

<그림 4-22> Arcgis에서 SHP파일 로딩 예시



자료: ArcGIS

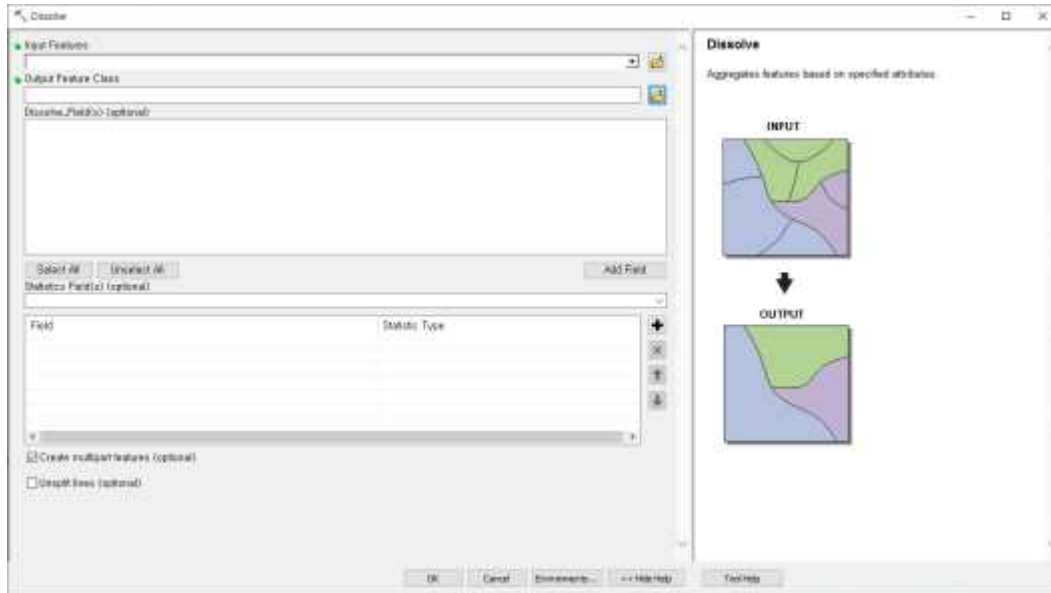
(라) 기준자료인 토지피복도 변환

- 활용시스템의 토지이용의 분류 항목은 산림, 초지, 나대지, 수계로 해당항목은 환경부의 토지피복도의 대분류 항목과 일치하므로 토지피복도의 대분류 항목 중 산림지역, 초지(농업지역, 습지), 나지, 수역을 대응하여 분류 정확도를 평가
- 항목적 평가는 대분류체계를 기준으로 하나 분류 묘사의 정확도를 고려할 경우 1/5,000 토지피복도를 대분류 속성에 맞게 세부속성을 Merge 하여 세밀한 대분류 성과를 추출하고 이를

위성영상시스템의 산출물과 비교 분석하는 것이 더욱 정확한 결과를 도출

- Arcgis의 Arctoolbox를 실행하여 Data Management Tools-> Generalization-> Dissolve를 실행

<그림 4-23> Arcgis Dissolve 작업창



자료: ArcGIS

- 대분류 속성으로 Dissolve된 토지피복도는 대분류체계의 성과로 각 폴리곤이 융합되어 토지이용 분류와 비교 가능

(라) 기준 자료와 성과간의 비교 분석

① 토지이용 분류 성과 검증

□ 자카드 계수를 활용한 토지피복도와 토지이용 분류 성과간의 유사도 평가

- 자카드 계수는 두 집합사이의 유사도를 측정하는 방법으로 0~1사이의 값을 가지며, 두집합이 동일하면 1을 가지고 공통의 원소가 없으면 0의 값으로 나타남
- 자카드 계수 계산식

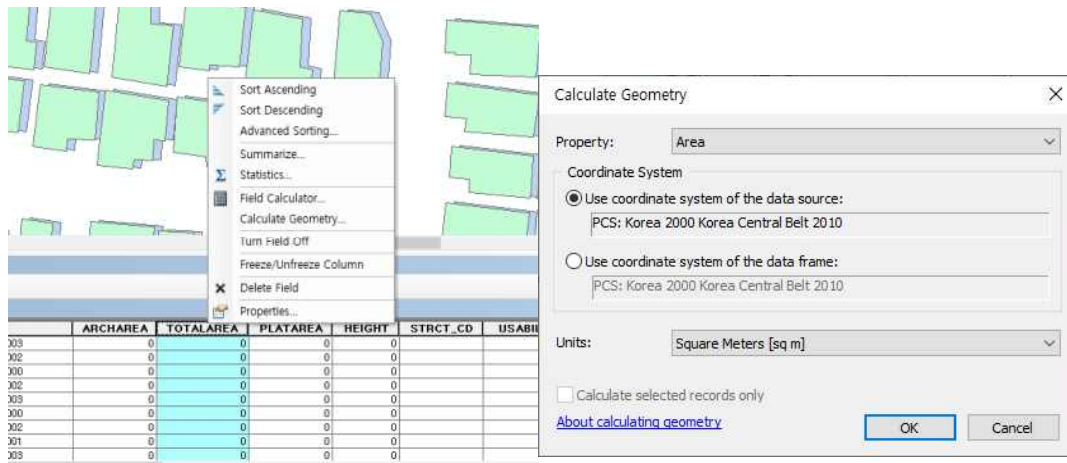
$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} = \frac{|A \cap B|}{|A| + |B| - |A \cap B|}$$

- 여기서 A와 B의 교집합은 중첩된 면적, 각 A, B는 각 집합의 도형 면적을 대입하여 자카드 계수를 산출

□ Arcgis에서 SHP파일의 면적 산출

- 토지피복도와 토지이용도의 폴리곤에 대한 면적을 산출하는 방법은 SHP파일의 Table을 오픈한 후 면적을 입력할 새 필드를 생성하고 생성된 새 필드를 선택한 후 우 클릭하여 Calculate Geometry를 선택
- Calculate Geometry의 옵션창이 나타나면 Property를 Area로 선택 후 OK 클릭

<그림 4-24> 객체의 면적 산출 방안

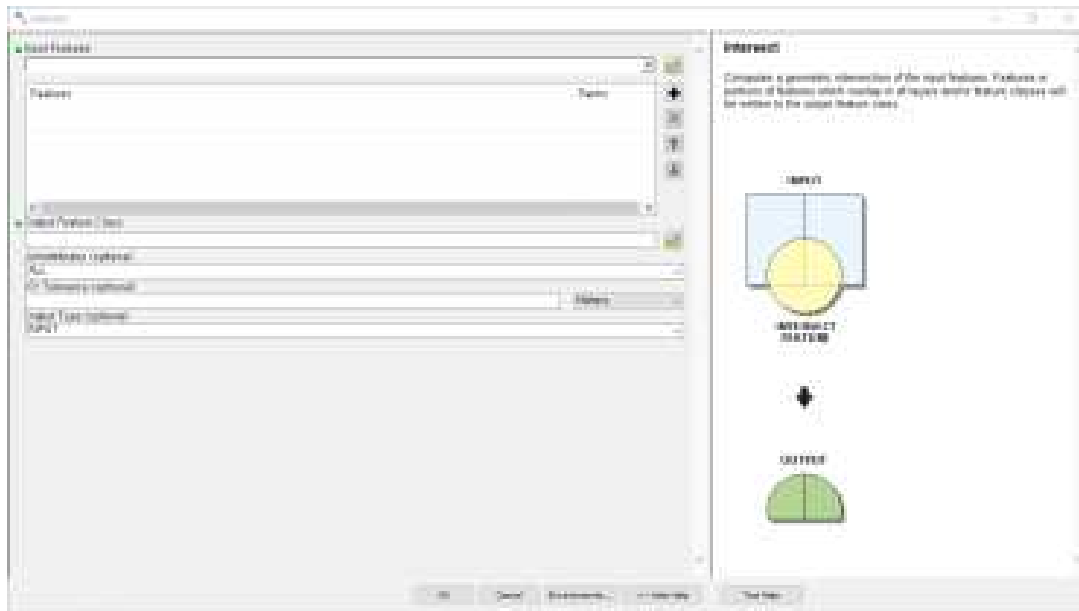


자료: ArcGIS

□ Arcgis에서 SHP파일의 중첩 면적 산출

- 평가항목인 나대지, 초지, 산림, 수계 속성의 각 폴리곤에 대해 토지피복도와 토지이용도에서 각각 개별 SHP파일로 Export 하고 동일 속성 폴리곤간의 중첩면적을 산출
- 중첩면적은 Arcgis의 Arctoolbox를 실행하여 Analysis Tools-> Overlay Analysis-> Intersect를 실행한 후 추출된 중첩지역의 면적을 위와 같이 산출

<그림 4-25> 두 데이터간의 중첩지역 추출

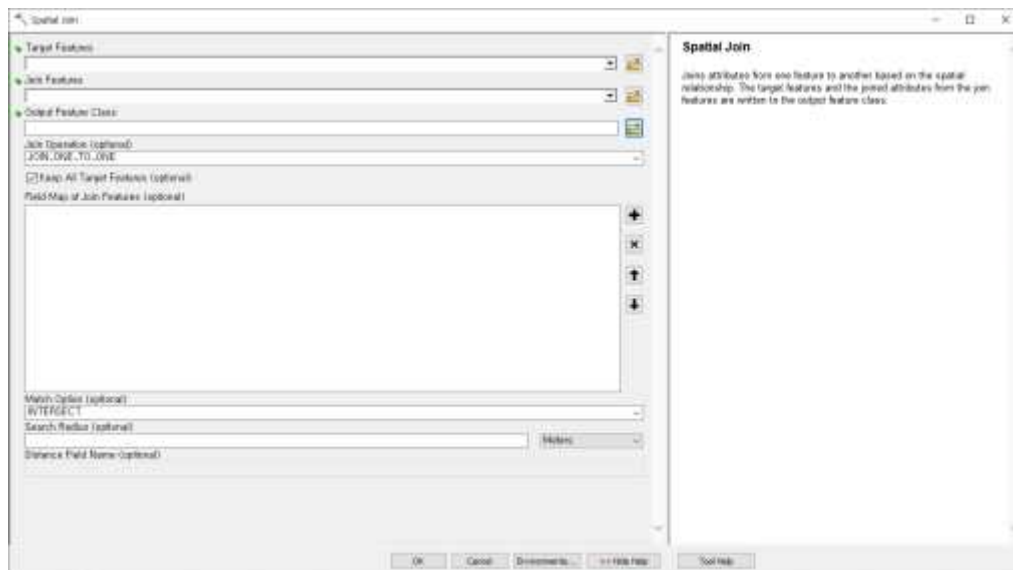


자료: ArcGIS

□ 동일속성의 폴리곤 속성 연결

- 속성 연결은 Arcgis의 Arctoolbox를 실행하여 Analysis Tools-> Overlay Analysis-> Spatial Join을 실행하여 토지피복도 SHP에 토지이용도의 면적, 중첩SHP의 면적을 순차적으로 연결

<그림 4-26> SHP 파일 간의 속성연결



자료: ArcGIS

□ 동일 속성에 대한 정확도 비교 분석

- 속성연결한 SHP파일은 각 데이터의 면적과 중첩 폴리곤의 면적은 속성으로 가지고 있으며 이를 활용하여 엑셀에서 자카드 계수를 산출하여 전체 객체수 대비 높은 유사성을 지닌 객체를 분류하여 분류 속성 정확도 및 위치정확도를 검증한다.

② 공간객체 분류 성과 검증

- 공간객체의 분류 성과검증은 토지이용 분류 검증과 동일한 자카드 계수 산출방법으로 추출된 성과와 수치지형도 건물과의 유사성을 검증하고 정사영상에서 위치 정확도를 검증하였던 검사점 선점을 통한 방법을 통해 위치정확도를 검증하여 향후 수치지형도 수정·갱신에 활용 가능성을 평가
- 자카드 계수를 통한 유사성 지수 판별은 앞서 토지이용도 검증에서 제시하여 별도로 제시하지 않으며, 위치정확도를 검증하는 것은 정사영상 검증방안에서 소개하였음

다) DSM/DTM

□ DSM/DTM의 개요

- 같은 일정한 격자상에서의 평면 직교 좌표에 대한 지형의 표고로 이루어진 수치 좌표모델 중 하나로 지표면 지형·지물의 표현정도에 따라 구분
- 수치 표고 모형(DEM: Digital Elevation Model)은 실세계 지형 정보 중 건물, 수목, 인공 구조물 등을 제외한 지형(bare earth) 부분을 표현하는 수치 모형이고, 수치 지형 모형(DTM: Digital Terrain Model)은 DEM과 동일한 의미로 사용
- 수치 표면 모형(DSM: Digital Surface Model)은 실세계의 모든 정보, 즉 지형, 수목, 건물, 인공 구조물 등을 표현한 모형
- 수치 표고 자료는 불규칙한 지형 기복을 3차원 좌표 형태로 구축함으로써 국가지리정보체계 구축 사업 지원과 국토 개발을 위한 도시 계획, 입지 선정, 토목, 환경 분야 등에 활용

(1) DSM/DTM 제작 방안

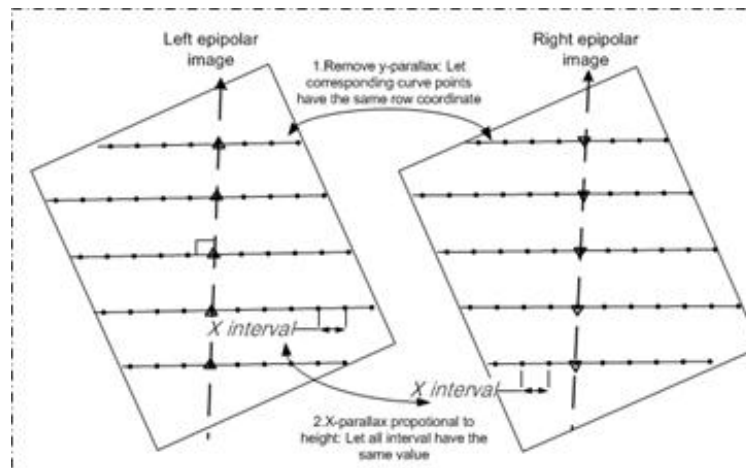
(가) 에피폴라 영상 생성

- 에피폴라 기하는 스테레오 이미지를 활용하여 입체시를 구성하기 위해서 스테레오를 구성하는 두장의 이미지를 촬영방향과 평행하게 맞춰야 하며 이를 구현하는 것
- 입체영상을 통해 3차원 좌표를 취득할 수 있기 때문에 사진측량과 컴퓨터 비전에서 중요한 역할을 담당하며, 수치표고모델 등을 제작하기 위해 우선적으로 수행되는 과정
- 에피폴라 기하가 수립되면 이론적으로 스테레오를 구성하는 두 이미지 사이에 Y 축이 일치되어져서 종시차가 소멸되고 이를 통해 높이값이 해석적으로 산출

□ 위성영상의 에피폴라 기하 추출 및 분석을 통한 입체변화 모델식 구축

- 에피폴라 라인 및 매칭점을 생성한 후 Quasi-GCP 생성을 통해 산출된 투여오차를 분석하여 RPC 보정을 반복하여 최적의 RPC 도출
- 기준영상 중심점을 선정하고 반복적인 RPC 투영을 수행하여 영상전역에 에피폴라 기하점을 추출
- 기하점 배열을 분석하여 선형성을 도출하고 기하점의 재배치를 위한 기하변환식 구성

<그림 4-27> 에피폴라 기하변환식 구성



자료: 국토지리정보원

(나) DSM/DTM 생성 및 활용 알고리즘

□ DSM 구축을 위한 컴퓨터비전 기술은 항공 및 지상 사진을 이용하여 DSM을 구축하는 기술로 특징점 추출에 사용되는 SIFT(Scale-Invariant Feature Transform), 두 장의 영상으로부터 3차원 위치를 결정하는 SfM(Structure from Motion), 픽셀단위의 영상정합을 통해서 고밀도의 3차원 위치를 결정하는 SGM(Semi-Global Matching) 알고리즘으로 구분

- SIFT 알고리즘은 2단계로 구분되며 1단계는 영상 처리법 중에서 영상 내 물체들의 모서리를 찾는 방법 중 하나인 DoG(Difference-of-Gaussian)를 스케일 공간(Scale space)에서 수행하여 극대점 또는 극소점들을 대상으로 후보가 될만한 특징점을 추출하는 것이며 2단계는 안정성·적합성 검사와 보정을 통해 방향성분을 얻어낸 후 이로 이루어진 서술자(Descriptor)를 생성하는 방법
- SfM 알고리즘은 디지털 카메라에서 부가적인 센서의 도움 없이도 수행될 수 있는 장점이 있으며 다양한 카메라로부터 촬영된 임의의 영상으로부터 카메라의 움직임(위치)과 3차원 구조(또는 위치)와 같은 기하학적 정보를 추출
- SfM 알고리즘은 사전에 특수한 조건 없이 촬영된 영상도 처리가능 하며, 다중 영상에서 얻어

지는 폭넓은 시야각의 이점을 활용한 360도 3차원 복원이 가능한 것이 특징

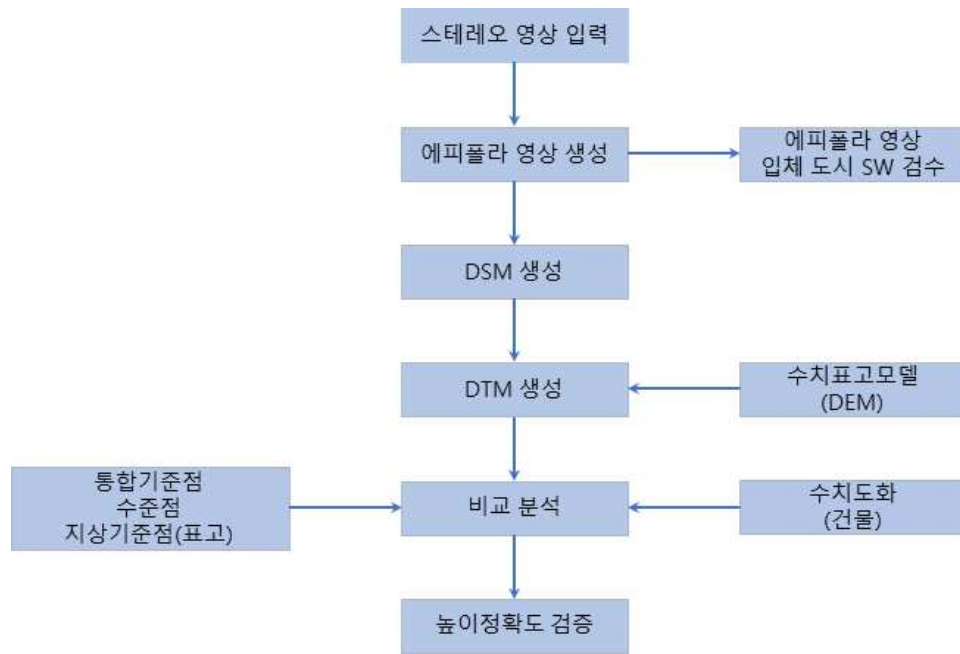
- SGM(Semi-Global Matching) 지역정합과 전역정합을 결합한 영상정합기법으로 픽셀단위의 정합 비용(cost)과 다수의 1차원 제약조건으로 근사화된 2차원 유연성(smoothness)을 최소화 하는 영상정합기법
- SGM은 지역정합과 전역정합을 결합한 시차를 고려하여 스테레오 영상정합을 수행하는 기술로서 전처리 단계가 필요하고 SGM의 전처리단계는 좌우측 영상간의 종시차(γ 시차)를 제거하도록 에피폴라 기하학을 이용하여 에피폴라 영상을 생성
- SGM 기술을 이용하여 영상정합을 수행할 때 좌측영상의 특정위치에 대해서 에피폴라 라인의 경로를 따라 픽셀단위별로 정합하게 되어 영상의 픽셀 마다 1개의 Point를 추출하여 고밀도 DSM point cloud를 추출
- 활용기술 개발을 수행하는 R&D 연구단은 SGM 기술을 통해 DSM/DTM을 생성

(2) DSM/DTM 검증 방안

(가) 3차원 수치지면/지형모델 검증 방안

- 3차원 수치지면/지형모델의 평가는 국내 통합기준점 및 수준점을 활용하여 생성된 높이값을 평가하고 3차원수치표고 모델의 용역완성기준을 적용하여 $\pm 2\text{m}$ 이내의 RMSE를 충족하는지 검증한다. 현재 전국단위 5m급 수치표고모델이 구축
- 도심지역은 1m급을 구축하고 있어 해당 활용성과는 국외 지역의 정사영상 생성을 위한 자료로의 활용성이 더욱 요구되어지며, 건물에 대한 높이를 평가하기에는 모델의 격자간격이 커서 정확도 평가의 의미가 감소
- 건물의 높이에 대한 검증을 포함하고자 한다면 수치도화 성과를 이용하여 건물 높이에 대한 검증을 수행할 수 있으나 래스터데이터와 벡터데이터의 차이로 인해 건물의 높이에 대한 정확한 검토는 어려우며, 대략적인 활용성 정도만을 검토

<그림 4-28> DSM/DTM 검증 절차



출처 : 저자작성

(나) DSM/DTM 산출물 검증 시 활용 데이터

- (검증 대상) 활용기술 개발을 통해 생성되는 DSM/DTM의 높이 정확도 검증
- (기준데이터) 위 성과를 분류한 정사영상 촬영연도와 동일년도 또는 다음해에 제작된 수치도화 성과
- (기준데이터) 국가기준점(통합), 국가기본도에 활용된 지상기준점(표고) 등의 측량 성과
- 수치도화는 DSM의 건물 및 지형에 대한 높이값 정확도를 검증하기 위한 기준 자료로 수치도화 레이어 중 건물, 표고점 데이터만을 추출하여 활용
- 국가기준점 및 지상기준점 성과는 지형의 높이값에 대한 정확도를 검증하기 위한 기준자료

(다) DSM/DTM의 높이정확도를 검증하기 위한 활용 소프트웨어

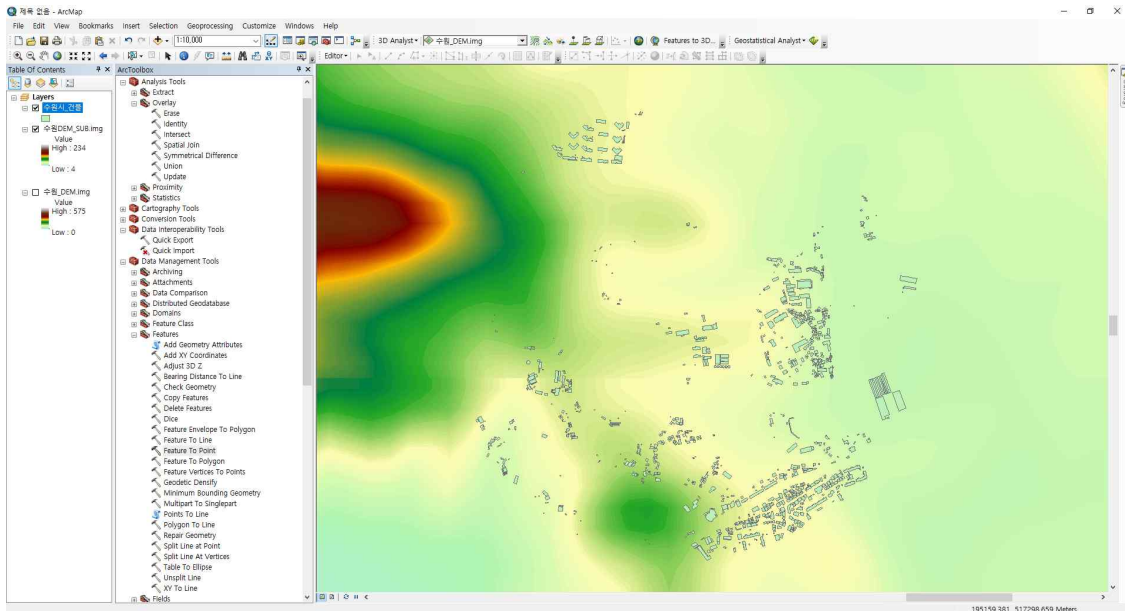
- (GIS 프로그램) Qgis 계열, Arcgis 계열
- (수치지도제작) AutoCAD map 계열
- DSM/DTM 검증은 래스터와 벡터데이터간의 비교 분석을 수행하여야 하며 이를 수행할 수 있는 소프트웨어는 GIS 전용 소프트웨어로 SHP파일에 대한 3D Analysis 기능이 요구됨
- AutoCAD는 수치도화 성과에서 건물 및 표고점 데이터를 SHP파일로 변환하기 위해 활용

(라) 데이터 로딩

- AutoCAD에서 수치도화의 건물은 폴리곤 SHP, 표고점은 점형 SHP으로 내보내기를 사전 수행

- 국가기준점 및 지상기준점 데이터는 엑셀로 정리하여 Arcgis에서 이벤트 맵으로 불러와 SHP파일로 저장
- Arcgis에서 메뉴의 Add Data 아이콘을 클릭하여 수치도화 파일에서 추출된 건물 및 표고점 SHP, 측량 성과를 변환한 SHP, 추출된 DSM/DTM 래스터 성과를 로딩
- 모든 파일의 좌표를 Korea_2000_Korea_Central_Belt_2010 좌표계로 통일

<그림 4-29> DTM과 건물 로딩화면



자료: ArcGIS

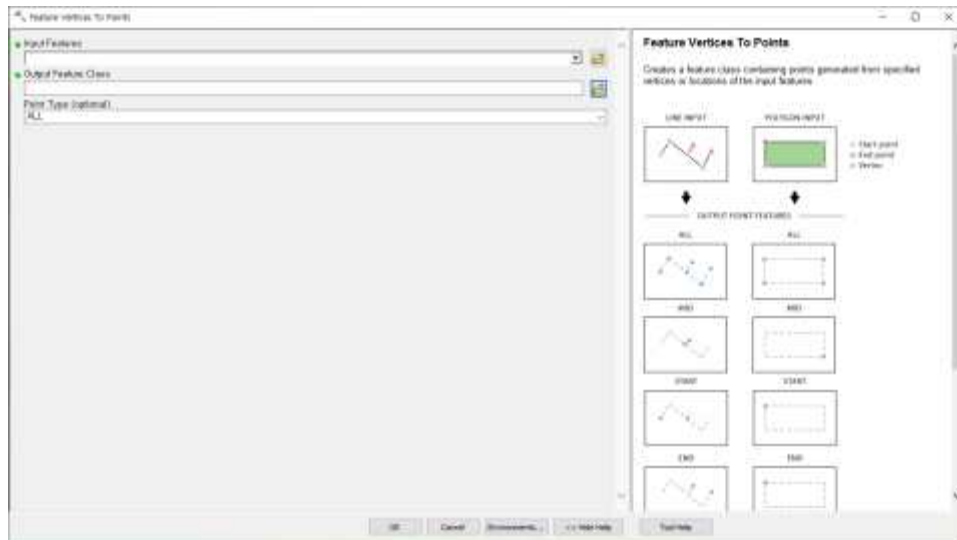
(라) 기준 자료와 성과간의 비교 분석

① 수치도화 성과 변환

□ 수치도화 성과 중 건물은 면형데이터로 직접적인 높이값 비교가 불가능하지만 건물 도형을 구성하는 노드점을 점형 SHP으로 변환하면 표고점, 기준점 자료와 동시에 비교분석이 가능

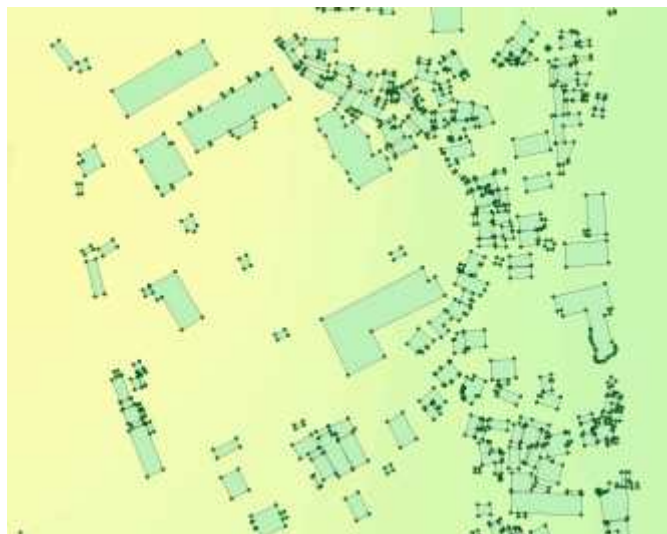
- 수치도화 건물 SHP을 로딩한 후 Arcgis의 Arctoolbox를 실행하여 Data Management Tools-> Feature-> Feature Vertices to Point 실행하여 건물의 노드를 점으로 변환

<그림 4-30> 건물 노드를 점형 데이터로 변환을 위한 옵션창



자료: ArcGIS

<그림 4-31> 건물 노드를 Point로 변환한 모습



자료: ArcGIS

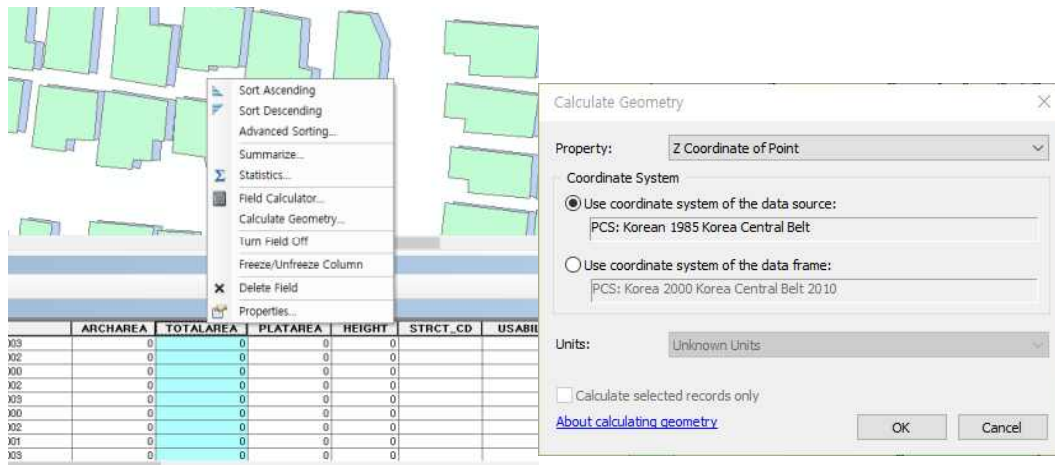
② DSM/DTM 성과 검증

□ 기준자료의 높이값 추출

- 점형 데이터로 변환된 수치도화 건물, 표고점, 기준점자료가 가지고 있는 높이값을 속성으로 변환하고 DSM/DTM의 높이를 점형으로 변환된 기준자료에 반영 후 속성으로 변환하면 기준자료의 높이값과 DSM/DTM의 높이값을 비교 분석 가능
- 이를 위해서 기준자료의 높이값을 속성으로 변환이 필요하며 이는 토지피복도와 토지이용도의 폴리곤에 대한 면적을 산출하는 방법과 동일하여 SHP파일의 Table을 오픈한 후 면적을 입력할 새 필드를 생성하고 생성된 새 필드를 선택한 후 우 클릭하여 Calculate Geometry를 선택

- Calculate Geometry의 옵션창이 나타나면 점형데이터이기에 X, Y, Z값에 대한 것만이 Property에 선택가능하며 Z Coordinate of Point를 선택 후 OK 클릭하면 속성에 점형의 높이값이 입력

<그림 4-32> 점형시설의 높이값 입력

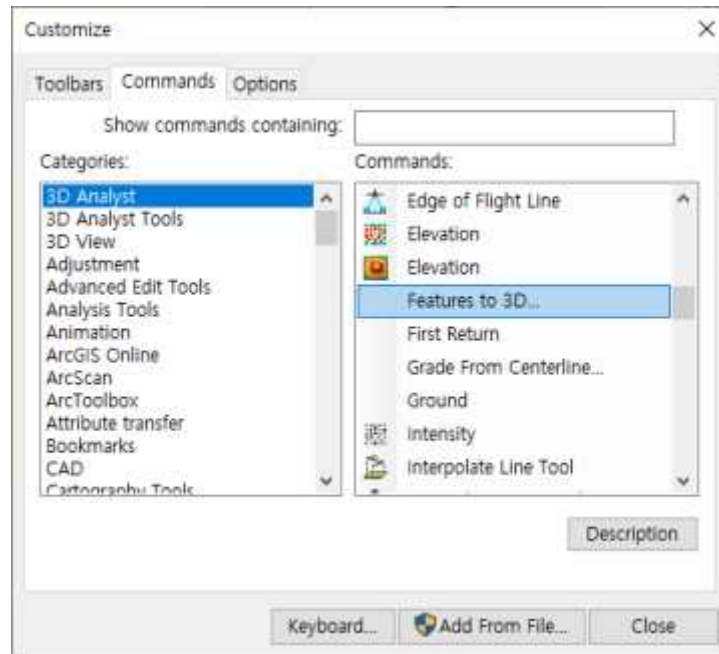


자료: ArcGIS

□ DSM/DTM 높이값 추출을 위한 분석 Tool 활성화

- Arcgis의 3D Analysis 기능에는 객체에 3차원 자료를 활용하여 높이값을 반영할 수 있도록 하는 Tool이 존재하나 버전 10.0 이상에서는 해당 기능이 비활성화로 존재
- Feature to 3D Tool을 활성화하기 위해서는 메뉴에서 Customize-> Toolbars-> Customize를 클릭하면 Customize창 오픈
- 오픈된 창에서 Commands 탭을 클릭 후 Categories에서 3D Analysis선택하면 창의 오른쪽 Commands에 Feature to 3D를 찾아 드래그 앤 드랍으로 메뉴바에 아이콘 활성화

<그림 4-33> 3D Analysis Tool 활성화

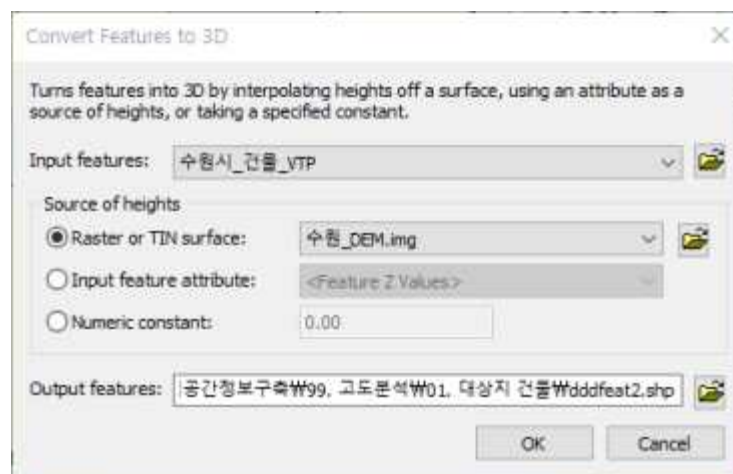


자료: ArcGIS

□ DSM/DTM 높이값 추출

- Arcgis에서 활성화한 Feature to 3D를 실행하고 Input feature에 점형의 기준데이터를 선택하고 Source of Heights에서 Raster or Tin에 DSM/DTM 자료를 입력

<그림 4-34> DSM/DTM 높이값 추출



자료: ArcGIS

- 기준 자료SHP의 저장할 위치를 선택하고 OK를 클릭
- 생성된 DSM/DTM 높이값을 반영한 점형시설물의 높이값을 기준자료 높이값 추출과 동일한 방법으로 속성으로 변환

□ 기준 자료와 추출된 DSM/DTM의 높이값을 비교 분석

- SHP파일 속성으로 추출된 동일 위치의 기준자료의 높이값과 DSM/DTM의 높이값이 속성으로 변환하였으므로 엑셀을 이용하여 두 높이값의 차이를 분석하여 DSM/DTM의 RMSE를 산출하고 허용오차를 충족 여부를 검토

라) 변화탐지

□ 변화탐지의 개요

- 특정영역에서 일정한 기간 사이에 변화가 발생했는지를 측정하는 것으로 도시변화, 재해, 산림 변화, 토지변화 등에 활용
- 센서 보정, 태양 각도, 대기 조건, 계절 또는 지표면의 변화와 같은 다양한 요인이 두 날짜 사이에 방사값의 차이를 발생하게 되어 지구 표면의 변화 감지를 위한 첫 번째 전제는 지구 표면의 변화가 방사 값의 변화로 나타나야하며, 둘째, 지표면 변화로 인한 방사 값의 변화는 다른 요인에 의한 방사 값의 변화보다 커야함
- 다중 날짜 이미지 간의 방사 값의 이질성을 최소화하기 위해서 첫째, 대기 조건과 태양 각도 차이는 일반적으로 추가 보정이 필요하고 두 번째로 센서 보정 또는 기하학적 왜곡과 같은 다른 요소를 고려 필요
- 변화 탐지 분석에서 다중 날짜 이미지는 일반적으로 픽셀 단위로 비교되며 동일한 위치에 있는 픽셀을 비교하기 위해 이미지 간에 정확한 위치보정이 수행되어야 하고 다중 날짜 이미지 간의 위치 등록 이 잘못 되면 변경 해석에 심각한 오류가 발생
- 변화 탐지의 민감도는 잘못된 등록에 접근되며 이는 가변적으로 방사 값의 이질성을 최소화(지구 표면 변화 이외의 원인으로 인한)에 필요한 보정 수준과 대기 데이터의 가용성에 따라 다른 접근 방식인 상대 복사 정규화 또는 복사 전달 코드와 같은 기술을 적용하여 이미지 간의 방사보정 필요³³⁾

(1) 변화탐지 제작 방안

(가) 변화탐지 알고리즘

□ K-means 알고리즘 차분영상제작을 통한 변화탐지

- 차분영상은 같이 동일한 지역에 대한 서로 다른 두 시기의 정사영상의 R, G, B밴드를 각각 차분하고, 차분한 R, B, G 영상을 다시 합성하는 과정으로 제작되는 과정
- 밴드별 차분영상을 합성한 RGB 차분영상에서 산림지역에서 개발행위로 인하여 개활지로 변화하는 경우에 밝은 색으로 나타나게 되며, 개활지의 개발로 인하여 건물 등이 건축된 지역은 상대적으로 어두운 색으로 나타나고, 농경지의 경우는 영상의 취득 시기에 따라 밝거나 어두운

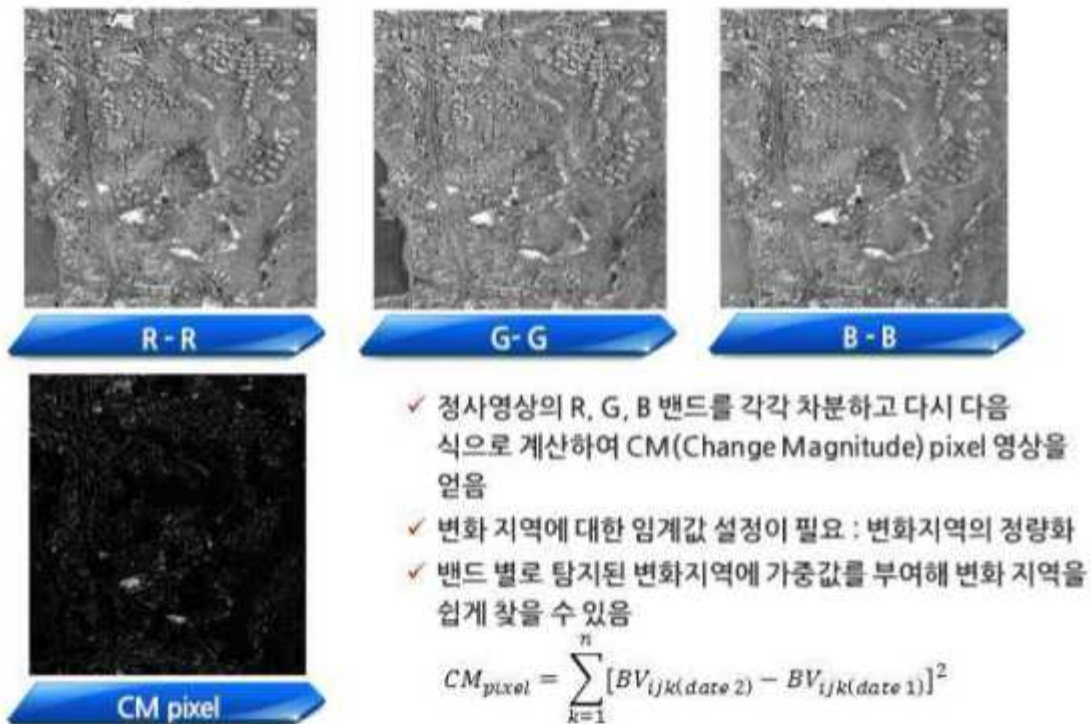
33) Théau J. (2008) Change Detection

색으로 나타남

□ 분광변화벡터분석을 통한 변화탐지

- 분광변화벡터분석(CVA : Change Vector Analysis)은 서로 다른 두 시기 사이에 토지이용 변화가 있거나 교란이 발생하였을 경우 서로 다른 두 시기 사이의 방향과 크기를 나타내는 벡터를 의미

<그림 4-35> 분광변화벡터분석의 벡터 크기 산정 방안



자료: 국토지리정보원

□ 잔차 DSM/DEM 제작을 통한 변화탐지

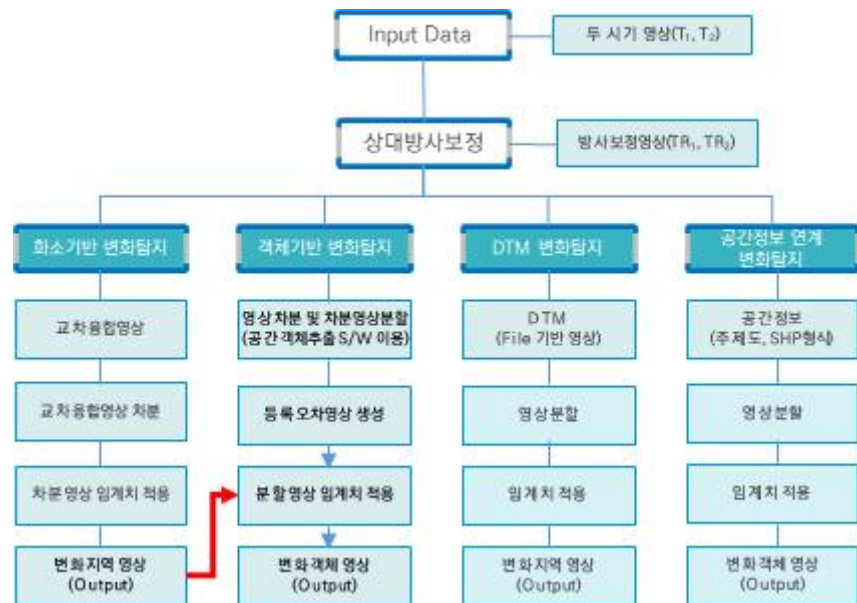
- 잔차 DSM(Digital Surface Model)/DEM(Digital Elevation Model)은 동일한 지역에 대한 서로 다른 두 시기의 DSM/DEM을 차분하여 높이의 변화를 분석하는 기법
- DSM은 지표면을 비롯하여 건물, 식생 등 지형지물을 모두 포함하는 데이터이며, 두 시기의 DSM을 차분하는 잔차 DSM 제작 시 식생의 성장, 건축물의 신규 건축 및 철거 등을 탐지
- DEM은 지표면만을 표현하는 데이터이며, 두 시기의 DEM을 차분하는 잔차 DEM 제작 시 지형의 변화를 탐지

(나) 변화탐지 수행

- 변화탐지 기술의 개발은 화소기반, 객체기반, DSM/DTM기반, 공간정보기반 등 4개의 방식으로 S/W 개발

- 영상기반의 변화탐지를 수행하기 위해서는 다시기 영상간의 방사보정이 요구되며 이를 위해서 다시기 영상 중 기준영상을 선정하고 기준영상의 방사 값을 기반으로 상대방사 보정 수행 필요
- 개발된 S/W에서 화소기반 변화탐지는 산림지역의 변화탐지를 주 대상으로 하며, 객체기반은 공간객체 추출성고를 고려하여 건물, 도로 등에 대한 변화 탐지를 고려
- DSM/DTM기반 변화탐지는 높이변화와 화소기반변화탐지의 통합을 통해 변화정보 제공
- 공간정보기반 변화탐지는 기 구축된 공간정보DB를 기반으로 대분류기준에 대해 변화된 정보를 자동 추출

<그림 4-36> 변화탐지 기술 적용 S/W의 공정 흐름도



자료: 국토지리정보원

(다) 변화탐지 성과 검증 방안

□ 변화탐지 성과에 대한 검증은 동일 시간과 장소에 대한 참조데이터의 수집이 불가능하여 직접적인 검증이 불가

- 위성영상을 활용한 다양한 성과의 정확도를 검증하는데 주로 활용되는 것은 성과의 전체 정확도를 검증하는 적용하는 Error Matrix를 이용
- Error Matrix는 $n \times n$ 배열로 구성되며, n 은 데이터의 클래스의 수를 의미하고, 열은 항상 참값 또는 참조데이터이고 행은 원격탐사 데이터에서 생성된 매핑된 클래스를 의미
- 오차행렬에서 대각선요소는 올바르게 분류 된 영역을 표기하며 분류의 정확성을 나타냄
- 오차행렬에서 비 대각선요소는 오류영역을 나타내며, 잘못된 분류를 나타냄

<그림 4-37> Error Matrix 구성 예시

		Reference Data			
		Water	Forest	Urban	Total
Classified Data	Water	21	6	0	27
	Forest	5	31	1	37
	Urban	7	2	22	31
	Total	33	39	23	95

자료: 훔볼트 주립 대학 홈페이지

① Error Matrix를 통한 검증 방안

- Error Matrix를 통해 정확도와 관련하여 확인 할 수 있는 사항은 전체 정확도, 누락오차, 수행 오차, 사용자 정확도, 생산자 정확도, 정확도 통계(Kappa 분석) 등을 계산하여 도출³⁴⁾

<표 4-18> Error Matrix 정확도 계산 방법 예시

구 분	계산 방법	비 고
전체 정확도	올바르게 분류된 사이트 수 : $21+31+22 = 74$ 총 참조 사이트 수 = 95 전체 정확도 = $74/95 = 77.9\%$	
누락오차	물) 잘못 분류된 참조 사이트 : $5+7 = 12$, 총 참조 사이트 수 = 33 물의 누락오류 = $12/33 = 36\%$	
수행오차	물) 잘못 분류된 참조 사이트 : $6+0=6$ 분류된 총 사이트 수 = 27 물의 누락오류 = $6/27 = 22\%$	
사용자정확도	물) 올바르게 분류된 사이트 수 = 21, 분류된 총 사이트 수 = 27 물의 사용자 정확도 = $21/27 = 78\%$	
생산자정확도	물) 올바르게 분류된 참조 사이트 수 = 21 분류된 총 참조 사이트 수 = 33 물의 사용자 정확도 = $21/33 = 64\%$	

□ 전체 정확도 검증

34) Humboldt State University, <http://gis.humboldt.edu/>

- 전체 정확도는 기본적으로 모든 참조 사이트에서 올바르게 분류된 비율을 나타내는 것으로 일반적으로 백분율로 표시되며 100% 정확도는 모든 참조 사이트가 올바르게 분류 된 완벽한 분류
- 전체 정확도는 계산하고 이해하기 가장 쉽지만 기본 정확도적인 정보를 사용자와 제작자에게 제공하며 계산방법은 올바르게 분류 된 사이트 수를 더하고 총 참조 사이트 수로 나누어 계산

□ 누락오차

- 분류 된 맵의 올바른 클래스에서 누락 (또는 생략) 된 참조 사이트를 나타내는 것으로 제1종 오류라고도 하며 한 카테고리의 누락 오류는 다른 카테고리의 수행오차로 간주
- 누락 오류는 잘못된 분류에 대한 참조 사이트를 검토하여 계산되며 이는 각 클래스의 열을 내려 가서 잘못된 분류를 더하고 각 클래스의 총 참조 사이트 수로 나누어 산출
- 일반적으로 각 클래스에 대해 별도의 누락 오류가 계산되며 이를 통해 각 클래스의 분류 정확 성과 오류를 평가

□ 수행오차

- 누락 된 오류는 분류 된 결과와 관련이 있으며 분류 된 맵의 올바른 클래스에서 제외(또는 생략) 된 참조 사이트로 분류 된 사이트를 참조
- 수행오차는 분류 된 사이트에서 잘못된 분류를 검토하여 계산되고 이는 각 클래스의 행을 살펴보고 잘못된 분류를 더한 다음 각 클래스의 총 분류 된 사이트 수로 나누어 산출

□ 사용자 정확도

- 사용자의 정확성은지도 제작자가 아닌지도 사용자의 관점에서 본 정확성으로 사용자의 정확도는 본질적으로 지도의 클래스가 실제로 지면에 얼마나 자주 발생되는지를 나타낸 확률로 신뢰도를 의미
- 사용자의 정확도는 수행오차를 보완하는 지수로 사용자의 정확도 = $100\% - \text{수행오차}$ 란 의미로 사용자 정확도는 특정 클래스에 대한 올바른 분류의 총 수를 취하여 행 합계로 나누어 계산

□ 생산자 정확도

- 생산자 정확도는 데이터 분석자의 관점에서 본 정확도로 이것은 지면의 실제 지형지물이 분류 된 지도에 올바르게 표시되는 빈도 또는 지면의 특정 클래스로 분류 될 확률을 의미
- 생산자 정확성은 누락 오차를 보완하여 생산자의 정확성 = 100% 는 누락 오차로 계산방법은 정확하게 분류 된 참조 사이트의 수를 해당 클래스의 총 참조 사이트 수로 나누어 계산

□ 사용자와 생산자 정확도의 비교

- 특정 클래스에 대한 사용자 및 생산자의 정확도는 일반적으로 동일하지 않으며. 위의 예에서 Urban 클래스에 대한 생산자의 정확도는 96 %였고 사용자의 정확도는 71%로 산출
- 이는 참조 도시 지역의 96 %가 "도시"로 올바르게 식별되었지만 분류에서 "도시"로 식별 된 지역의 71 %만이 실제로 도시라는 것을 의미하며 물 (7)과 숲 (2) 지역이 도시로 잘못 분류
- Error Matrix를 분석 시 다양한 정확도를 동시에 분석하여야 분류 결과를 더 잘 평가할 수 있으며 생산자가 생산한 데이터가 얼마나 적절한 지 평가를 위해서 두 정확도에 대한 분석이 필요

□ Kappa 계수

- Kappa계수는 분류의 정확성을 평가하기 위해 통계 테스트에서 생성되며 Kappa는 기본적으로 무작위로 값을 할당하는 것과 비교하여 분류가 얼마나 잘 수행되었는지 평가
- 카파 계수의 범위는 -1 ~ 1로 값이 0이면 분류가 무작위 분류보다 낫지 않음을 나타내며. 음수는 분류가 무작위보다 훨씬 나쁘다는 것을, 1에 가까운 값은 분류가 무작위보다 훨씬 낫다는 것을 의미

제5장

국토위성센터 운영 방안

-
1. 국토위성센터 운영을 위한 업무 분석
 2. 국토위성센터 운영 방안

1. 국토위성센터 운영을 위한 업무 분석

가. 국토위성센터 설립 배경 및 현황 분석

□ 설립배경

- 1차 위성정보 활용 종합계획을 토대로 위성산업발전과 공공분야 위성정보 수요충족을 위한 국토관측위성이 개발을 마무리하고 2021년 발사 예정
- 차중형 위성 1,2호에 해당하는 국토관측위성은 국가안보에 우선한 기존의 국가위성 운영정책으로 인하여 공공 및 민간에게 원활하게 제공하지 못했던 고해상도 위성영상을 공공, 민간, 연구 분야 제공
- 국내 위성영상을 활용한 공간정보 생태계를 활성화하고, 국토관리체계, 국토 안전, 해외사업 지원, 공간정보 미래 산업 육성 등에 이바지하는 것을 목표
- 2015년 국토관측위성정보 활용기술 센터 설립 기반 연구에서 국토관측위성의 원활한 운영과 활용을 위해서 전문 활용 위성센터의 필요성이 제기
- 2016년에 국토관측위성정보 활용센터 설립 및 활용기반 구축을 결정하였고, 국토관측위성 정보의 효율적 활용을 위해 체계적으로 수집·생산·관리·공급하여, 국토의 이용·관리업무의 효율적 지원, 공간정보 산업의 활성화, 한반도 통일 대비 등의 업무를 위해 2019년 국토지리정보원 내에 국토위성센터를 준공

- 국토위성센터는 국토위성기획담당, 국토위성운영담당, 국토위성활용담당 등 3개 팀 14명으로 구성되며, 해당 업무는 <표 5-1>과 같음

<그림 5-1> 국토위성센터 조직도



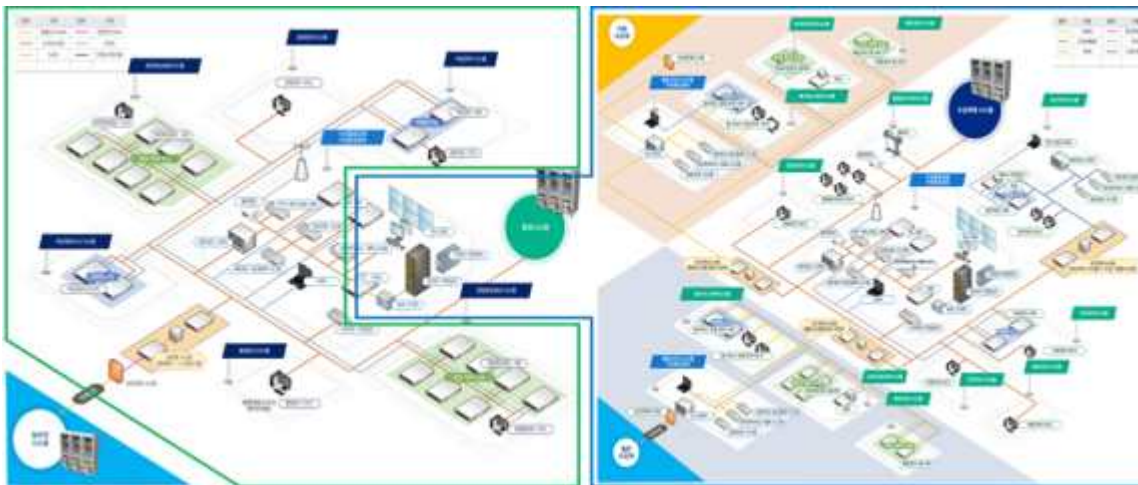
출처 : 국토지리정보원

<표 5-1> 국토위성센터의 주요 업무

구분	업무 내용
국토위성 기획담당	<ul style="list-style-type: none"> 국토관측위성 관련 정책·기본계획 국토관측위성 홍보 및 교육계획 수립 차세대 중형위성 개발
국토위성 운영담당	<ul style="list-style-type: none"> 국토위성센터 운영 및 관리 지상국 인프라 운영 및 유지관리 수집·활용시스템 운영 및 관리
국토위성 활용담당	<ul style="list-style-type: none"> 위성정보 활용계획 수립 및 시행 위성 산출물별 알고리즘 고도화 위성 자료 수신·처리·분석

- 국토위성센터 내 국토관측위성정보 수집·활용시스템 운영을 위한 하드웨어 인프라 구축 완료
- 시스템 및 관련 기술개발은 R&D 사업을 통해서 구축하고 있으며 국토위성센터의 위성정보 수집·처리·생산·관리·배포를 위한 시스템 개요는 <그림5-2>와 같음

<그림 5-2> 국토위성센터 시스템 개요



자료: 국토지리정보원

나. 국토위성센터 업무 분석

- 국토위성센터는 고해상도 위성영상에 대한 공공, 산·학·연 등 사회전반의 요구를 해소하고, 위성 정보 활용에 대한 제반조건을 활성화를 통해 다양한 위성정보 생태계를 구축하기 위한 광범위한 업무 수행
- 본 과제에서는 국토위성센터의 폭넓은 업무 중 국토관측위성의 발사가 임박한 현실을 감안하여 국토관측위성정보의 수집·생산·관리·배포를 위한 국토위성센터의 업무를 분석하고, 센터 내부에서 이루어지는 업무 절차 확립

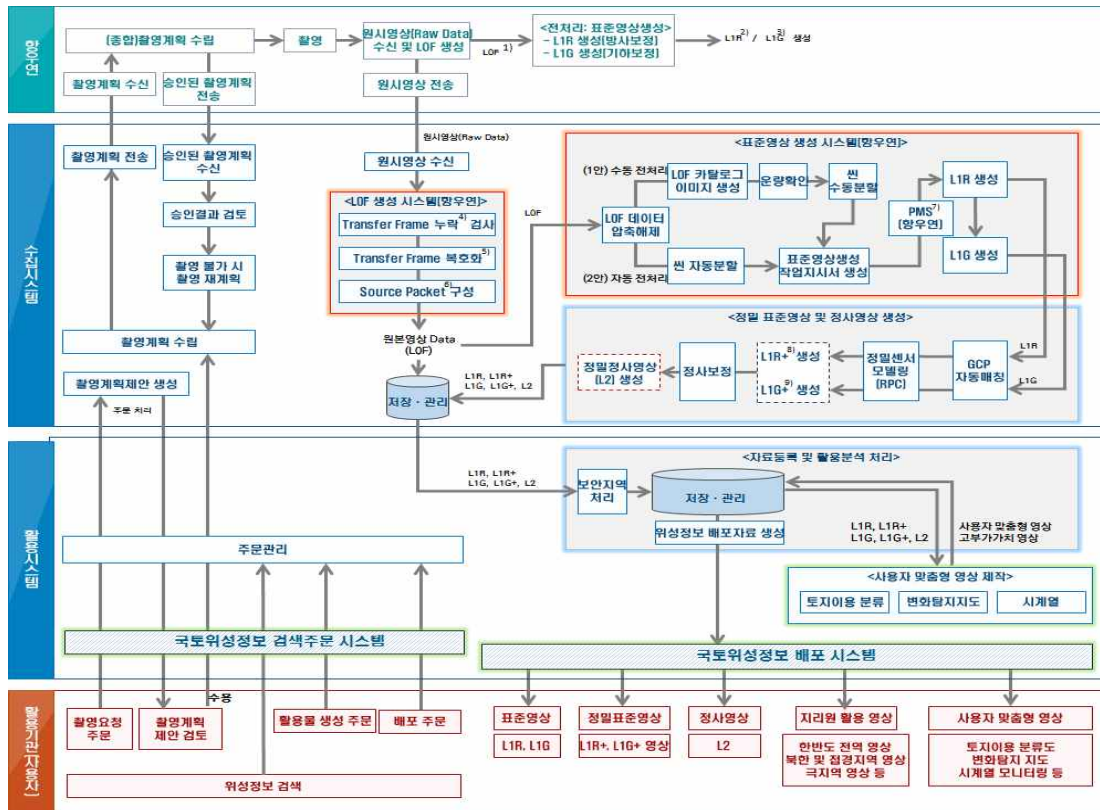
- 국토관측위성정보에 대한 수집·생산·관리·배포를 위해서는 현재 국토위성센터에 구축될 위성정보 수집·활용 시스템에 대한 이해와 이를 통한 위성정보 생산 및 배포과정에 대한 고려 필요
- 현 국토위성센터는 국토교통부 최초의 위성정보를 다루는 기관으로서 이와 관련된 운영기반이 성숙되지 않은 상태이며, 이를 확보하기 위해서는 위성정보 생산, 관리, 배포를 위한 위성정보 시스템 중심의 업무 절차 수립 필요
- 향후 국토관측위성이 발사되어 위성정보에 대한 다양한 요청에 대응하기 위해서 위성정보 취득, 생산, 관리, 배포를 위한 업무 프로세스를 기반으로 국토위성센터의 운영계획 수립

1) 국토위성센터 업무 조사

□ 국토위성센터의 업무는 국토관측위성이 발사되지 않은 현재 상황에서 국토위성센터의 모든 업무를 도식화 할 수 없어 공공기관의 일반 업무는 분류 대상에서 제외하고자 하며, 국토관측위성 정보와 관련업무 중심으로 분류

- 위성정보의 취득·생산·관리·배포에 관한 업무들을 국토위성센터에서 운영할 예정인 시스템들을 중심으로 업무를 도출하고, 도출된 업무들의 수행 주기를 검토하여 분류
- 업무의 도출은 국토위성센터에서 여러 분야에 제공할 산출물을 중심으로 하여 시스템별 산출물의 생성 요청, 생성, 배포와 관련하여 업무를 제시
- 위성정보 시스템은 위성 촬영계획 수립, 위성정보 직수신, 표준영상 생성, 정밀영상 생성을 담당하는 수집 시스템, 산출물 주문, 활용산출물 생성, 산출물 배포 등을 수행하는 활용시스템, 수신한 위성정보, 생성된 산출물, 시스템 보안, 사용자 관리 등을 담당하는 기타 시스템으로 구성
- 활용시스템과 수집시스템은 국토위성센터의 업무 중추 시스템으로 수요자의 주문을 접수, 위성정보를 수신, 주문에 따른 영상 및 산출물을 생성 및 배포를 수행
- 해당 업무들은 국토위성센터 내에서 상시 수행되어야 하는 업무와 주문 또는 비정기적으로 수행되는 업무로 구분되어 지며, 해당 업무들에 대한 검토가 필요
- 현재 시스템의 업무 흐름을 고려할 때, 위성촬영계획 수립, 위성정보 수신, 표준영상 생성, 정밀영상생성, 보안처리, 활용산출물 생성, 수자요 주문 처리 및 배포 등의 업무는 상시 수행되어야 하며, GCP Chip 관리, 시스템 유지보수, 수요자 주문에 의한 활용산출물 생성, 연구개발 등의 업무는 비정기적으로 수행

<그림 5-3> 국토위성센터 시스템 개요 및 업무 흐름도



출처 : 국토지리정보원

<표 5-2> 국토위성센터의 단위 업무 내역

구분	업무	세부 내용	비고
상시 업무	수요자 주문 검토	신규촬영, 영상주문, 활용산출물 주문	
	촬영계획 수립	신규촬영계획, 긴급촬영계획	
	위성정보 수신	위성정보 및 관련 자료 수신	
	표준 및 정밀 영상 생성	POD/PAD 수신, 표준영상 생성, 정밀영상 생성, 품질검사	
	보안 처리	보안지역 처리	
비정기 업무	활용산출물 생성	토지이용도, 변화탐지, DSM/DTM 생성	
	GCP DB 관리	GCP Chip 유지 관리	
	유지보수	시스템 유지보수 및 점검, 저장장치 관리,	
	연구개발	위성활용 기술 개발 및 고도화	

2) 국토위성센터 상시 업무 분석

가) 수요자 주문 검토

- 위성정보가 필요한 수요자들은 주문검색시스템을 통해 위성정보 검색, 촬영주문, 기 촬영 영상 주문, 활용산출물 주문 등을 주문할 수 있으며, 해당 주문은 주문처리 시스템을 통해 해당 담당자에게 전달되어 진다. 수요자의 주문은 담당자에 의해 요청에 대한 승인여부를 결정되어지며, 미승인 시 미승인 사유를 작성하여 수요자에게 전달
- 수요자가 요청할 수 있는 주문 중 신규촬영의 검토되어야할 사항으로 보안지역 요청 여부, 기 촬영된 영상 존재(수요자 활용 가능한 영상), 촬영요청 시기, 기 촬영 계획과의 충돌 등을 검토하여 수요자에게 전달하고 승인 시에도 촬영지역, 촬영예상 시기, 촬영 모드 등을 전달하여 수요자의 최종 주문 진행 의사를 확인
- 기 촬영영상에 대한 주문요청은 요청영상의 보안지역 여부, 요청영상의 저장장치내 존재여부, 요청영상의 배포 가능 여부(품질), 보안지역 처리 여부, 수요자 활용목적에 적합 여부 등을 검토하여 수요자에게 주문 검토 결과를 전달하고 주문에 대한 진행 여부를 확인하고 활용산출물에 대한 주문요청도 기 촬영영상에 대한 검토와 동일하게 진행

나) 촬영계획 수립

□ 촬영계획 개요

- 주문접수 과정에서 전달된 신규 주문과 이미 진행 중인 주문을 바탕으로 한정된 위성자원을 최대한 활용하여 사용자의 촬영요청을 가능한 적절한 시기에 반영할 수 있도록 위성의 작업 스케줄링을 수립하는 과정
- 위성 자원의 효율적인 활용이라는 취지와 가장 밀접한 관계를 갖는 과정

<그림 5-4> 촬영계획 수립 절차



출처 : 항공우주연구원, 저자 수정

□ 촬영계획에서 고려해야 하는 제약조건은 크게 외부 환경적 요소 및 운영정책에 관련된 것과 위성
성에 관련된 것으로 구분

- 먼저 외부 환경적 요소는 기상정보가 있다. 광학센서 위성의 경우 레이더센서 위성과 달리 구
름이 많은 날씨에서는 우수한 품질의 영상을 얻지 못하기 때문에 촬영계획에서 기상정보에 대
한 예측값은 매우 중요
- 운영정책에 관련된 것에는 우선순위(긴급성 포함), 촬영요청기간, 기 반영 여부, 남은 촬영영역
이 있다. 주문별 우선순위를 부여하게 되면 우선순위에 따라 주문의 처리 순서 변동
- 촬영요청기간이 짧다면 먼저 그 주문을 해소해야 할 필요가 있으며 촬영계획을 수행하여도 실
제 촬영에 반영되지 못한다면 그 주문은 다시 반영되어 계획되어야 할 필요 존재
- 주문의 효율적인 관리를 위해 남은 촬영영역이 작은 주문부터 먼저 처리하여 남아 있는 주문의
양을 감소

□ 촬영계획에서 고려해야 하는 제약조건들 중 위성의 고유특성을 나타내는 표준 리소스들을 분석·
정리한 결과는 다음과 같음

□ 위성의 시야 범위(Field of Regard)

- 인공위성은 움직임이 지극히 제한적이다. 거대한 지구주위를 중력과 원심력에 의해 운동하므로
지상에서처럼 마음대로 움직이지를 못함
- 일부 군사위성을 제외한 대부분의 위성은 역학적 조건에 의해 정해진 경로(궤도)를 따라 움직이
며 정해진 궤도를 따라 위성카메라의 각도가 일정하게 유지되는 태양동기궤도 방식을 주로 사
용하게 되는데 위성이 기동할 수 있는 능력에 따라 기동각의 변화폭이 결정
- 위성마다 다양한 자세로 영상을 촬영할 수 있는 능력이 다르며 촬영각 또한 그에 따라 다름
- 위성의 시야 범위는 영상 촬영이 가능하도록 위성이 최대로 변화시킬 수 있는 모든 가능한 기
동각의 범위를 의미

□ 메모리

- 위성은 위성체의 메모리와 전력 용량의 제약사항 때문에 촬영시간의 제약을 받는다. 특히, 국토
관측위성과 같은 광학위성의 경우 광학카메라가 탑재되어 있기 때문에 밤 시간대나 구름이 끼
어 있으면 촬영이 불가능
- 위성에서는 지상과는 다르게 저전력, 소형화 등을 위하여 가능한 제한된 크기의 메모리를 사용
- 위성의 제한된 용량의 메모리 때문에 한번 촬영된 영상을 삭제 하지않은 상태에서 무한정 촬영
을 계속할 수가 없어 일정 기간 또는 일정 횟수만큼의 영상촬영이 수행되고 나면 반드시 메모
리를 초기화 필요.

- 촬영횟수와 영상 수신횟수는 비례하며 이는 수신 안테나의 가용유무와도 직결됨
- 촬영계획 시 메모리를 체크하면서 지상의 수신안테나의 가용유무까지 고려

□ 전력

- 위성은 위성체의 전력 용량의 제약사항 때문에 촬영시간의 제약이 존재
- 전력시스템(electrical power system)은 인공위성의 임무기간 동안 위성체 부하에 연속적으로 전력을 공급하며 위성체의 다른 서브 시스템과 탑재체(payload)의 요구에 맞도록 전력원과 전력 저장 장치를 제어하고 전력을 분배
- 전력계는 낮 기간 동안 전력을 생성하는 태양전지 어레이(solar array)와 식기간(eclips) 동안 요구 전력을 공급하기 위한 에너지 저장장치인 배터리(battery), 태양전지 어레이에서 생성된 전력을 적절한 값으로 변환하여 부하와 배터리로 전달 또는 분배
- 임무 수행을 위한 전력시스템을 설계 할 경우, 위성체에서 요구되는 충분한 전력을 공급하기 위하여 위성의 1차 전력원인 태양전지 어레이(solar array) 및 2차 전원장치인 배터리를 필요 이상 크게 설계하는 것은 현실적으로 바람직하지 못하며 위성의 임무를 수행함에 있어 전력은 또 다른 촬영계획의 제약조건

□ 궤도당 최대 촬영 시간과 촬영 가능 횟수, 1일 최대 촬영 시간

- 위성의 탑재카메라가 가진 영상 촬영 능력에 따라 궤도당 최대 촬영 시간, 촬영 가능횟수 및 1일 최대 촬영 시간이 다름

□ 촬영 간의 시간 차

- 위성이 영상촬영 임무를 수행함에 있어 1회 촬영 후 연이어 촬영을 하기 위해서는 탑재카메라가 다시 가용하게 되기 위해 준비시간이 소요
- 궤도당 최대 촬영 시간은 촬영 간의 시간차를 포함하는 값이며 촬영계획을 하게 될 경우 이 시간을 줄이기 위해 가능한 1회 촬영을 길게 하는 방안을 선택

□ 위성의 촬영 시야각(폭) : Field of View(Target swath: 촬영폭)

- 위성의 촬영 시야각은 탑재카메라가 1회 촬영 시 촬영 가능한 폭을 의미하며, 이는 획득한 영상을 기준으로 할 때 영상의 폭의 크기를 의미
- 촬영폭은 촬영지점을 0도로 지향할 때를 기준으로 삼으며 촬영각을 조정하게 되면 다소 차이가 발생

□ 최소 촬영 가능시간

- 요청된 영상의 크기가 작다면 필요한 위성영상을 획득하기 위해 불필요한 촬영은 할 필요가 없으며 짧은 시간으로 촬영을 하는 것이 불가피 하지만 이런 시도가 여러번 이루어진다면 촬영간의 시간 차 때문에 한정된 자원의 활용도가 감소
- 1회 촬영 시 만족해야 하는 최소 촬영 가능시간을 설정하여 위성자원 활용의 효율성 증대
- 위와 같은 제약조건을 고려하여 촬영계획을 수립할 때 사용자로부터 촬영요청의 요구조건을 검토하여 다수의 촬영요청 중 충돌을 해소한 하나의 촬영계획을 수립하기 위해 위성의 촬영특성을 고려
- 사용자의 다양한 요구조건을 반영하기 위해서는 위성본체(Bus)와 탑재체(Payload) 및 지상국의 유효한 조건이 충분히 고려되어야 하며, 위성이 영상을 촬영하고 최종적으로 지상국으로 수신하기 위해서는 촬영, 저장 및 수신조건을 만족시켜야 하고 이에 따라 주문의 세부 특성 및 다양한 제약조건들을 반영
- 국토관측위성과 같이 2기 이상의 위성을 운영하게 되면 각 위성별 궤도 특성과 운영 주기 등을 모두 고려하여 다수의 위성을 하나의 시스템에서 동시에 운영하게 될 때 복잡도가 증가해 촬영계획의 효율성을 저해
- 다중위성 촬영계획의 효율성을 높이기 위해 다양한 위성운영 상황 변화와 사용자 요구사항에 유기적으로 대처할 수 있도록 촬영계획의 자동화·자율화가 요구

다) 위성정보 수신, 표준 및 정밀영상 생성

□ 국토위성센터의 위성정보 수신

- 항우연으로부터 전용망을 통한 직수신 방식으로 이루어지며 국토관측위성은 1일 약 4회에 걸쳐 국내 영공을 통과하도록 계획되어져 있으며, 항우연에서 위성과의 송수신을 담당하여 수신한 위성정보를 국토위성센터에 전송
- 전송되는 정보에는 위성영상 및 관련된 기타 정보도 포함되어 국토위성센터는 매일 항우연에서 전송되는 위성정보를 수신하고 수립되어진 촬영계획을 검토하여 위성정보의 누락 여부를 검토

□ 위성정보 수신 및 처리

- 수신된 위성정보를 이용하여 썬 분할, L0F 카탈로그, 표준영상을 표준영상 생성시스템으로 생성할 수 있으며 이때 고려해야 할 사항은 정밀궤도정보 파일 적용 여부
- 위성정보 수신과 함께 제공되는 궤도정보는 보정되지 않은 위성궤도 정보로 위치정확도가 낮으나 긴급촬영이나 위치정확도가 필요치 않은 판독용 영상을 생성할 경우 활용
- 정밀궤도정보 파일은 위성정보 수신 후 약 24시간 이후 제공되는 자료로 위성정보 생성에 소요되는 시간이 증대되나 위치정확도가 약 15m 이내로, 수요자의 활용 목적이나 국가 재난 사태 등 수신된 위성영상의 사용 목적에 따라 정밀궤도정보의 적용을 결정

- 생성된 표준영상에 대한 품질 평가 및 활용성 검토를 수행하여야 하나 현재 개발된 시스템은 표준영상 생성시스템에서 정밀영상 생성시스템까지 일괄 처리를 기본 옵션으로 되어 있어 수신된 위성정보의 평가는 정밀영상이 생성된 이후에 판별

□ 정밀영상 생성

- 보정된 RPC 계수를 산출하는 기하보정과 대중적인 정사영상으로 구분되어 지며, 정사영상의 정확도를 확보하기 위하여 RPC계수 보정을 위해 국가기준점, 타사업의 지상기준점 등을 활용하여 GCP Chip DB를 구축
- 정밀영상은 생성된 표준영상 파일을 즉시 정밀영상 생성시스템을 통해 GCP Chip 활용한 정밀 기하보정을 수행하고 보정된 영상을 DEM을 통해 정사보정을 통해 정밀정사영상을 생성

<그림 5-5> 정밀영상 생성 흐름도



출처 : 국토지리정보원

- 생성된 정밀정사영상을 통해 수신된 위성정보에 대한 품질에 대한 검토 사항은 영상의 구름량, 위치정확도, 영상의 노이즈 등의 품질 검증, 수요자 요청 지역에 대한 활용 가능성 여부, 밴드 간의 정합 등 배포에 관한 활용성 등 확인
- R&D 사업단에서 수립한 품질기준에 의거하여 생성된 위성정보를 분류하고 분류된 등급에 따라 수요자에게 배포

라) 보안 처리

□ 국가보안법규 개요

- 국내 영상정보는 군사시설, 보안시설, 휴전선 지역 등에 대한 보안 처리를 의무화 하고 있으며, 항공사진의 경우 기무사, 국정원 등의 보안 검열을 거쳐 영상을 활용 및 민간 배포를 수행
- 위성영상 또한 보안 처리에 대한 규제가 있으며, 이를 위한 보안 처리 시스템을 구축하였으며, 생성된 표준영상, 정밀영상(정밀기하, 정밀정사) 등에 보안 처리를 수행하여 수요자에게 배포
- 보안 처리 대상 지역은 군사 시설과 보안시설이 있는 지역으로 보안시설은 중공업 단지, 석유화학단지 등 전쟁 시 군수품생산 공장을 포함한 지역으로 군사 시설과 동일하게 보안 처리 수행
- 휴전선 인근의 접경지역은 지역 전체가 보안 지역으로 해당 지역에 대한 영상정보는 민간 배포 금지

□ 보안지역에 대한 처리

- 보안시스템 내에 존재하는 보안 리스트를 기반으로 위성영상 내 보안 지역 유무를 확인하고 보안 지역에 대한 위장처리를 수행하는 방식으로 수행되어지며, 보안지역에 대한 위치 및 내역 자체가 보안사항으로 외부 유출 금지
- 보안처리 공정은 신속한 위성정보를 제공하는데 가장 큰 걸림돌로서 보안지역 처리에 소요되는 시간이 상당히 많이 소요되며 <그림 5-6>은 보안처리 시스템을 통한 보안처리 절차
- 추후 원활한 위성정보 배포를 위해서는 국토위성센터 내에 보안처리 팀을 증대하거나 전문용역으로 용역사업을 매해 발주하여 원활한 처리가 되도록 방안 마련 필요

<그림 5-6> 국토관측위성정보 보안처리 프로세스



출처 : 국토지리정보원

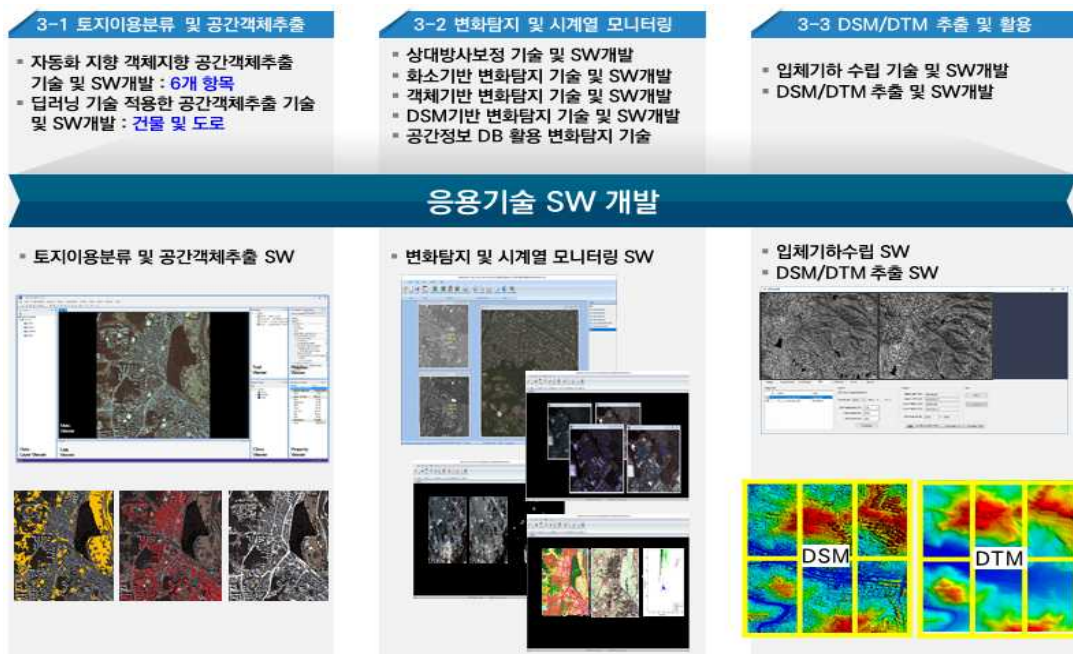
3) 국토위성센터 비정기 업무 분석

가) 활용산출물 생성

□ 위성정보 활용기술 및 산출물

- 위성정보를 활용할 수 있는 전문가의 부족으로 인하여 활용도가 큰 핵심 요소들에 대한 활용기술 - 공간객체 추출, 변화탐지, DSM/DTM 생성, 모자이크 영상 생성- 을 개발하고 이를 통해 비전문가도 쉽게 위성정보에 접근할 수 있도록 위성정보 활용 모델 및 분석기술을 개발
- 활용 분석 기술을 통해 생성된 분석 결과물을 활용산출물이라 정의하며 활용 기술 중 모자이크(Clipping포함) 생성 기술에 의한 산출물은 제외
- 활용분석 기술에 대한 수요자 요청 또는 국토위성센터 내 수요가 발생 시 필요 지역에 대한 위성정보를 확인하고 해당 정밀정사영상의 보안 처리 여부를 검토
- 현재 개발이 진행 중인 활용분석 기술은 다양한 알고리즘을 검토·비교하여 최적의 결과를 도출하고자 각 기술에 따라 다양한 기술을 적용하고 활용산출물 생성 시 산출물 생성에 활용되는 기술들에 대한 특성을 이해하고 각 기술의 한계와 결과물의 특성을 이해한 후 수요자의 요청에 따라 생성 기술을 선택

<그림 5-7> 활용 분석 기술 개발 내역



출처 : 국토지리정보원

나) GCP DB 유지관리

(1) GCP Chip 유지관리 필요성

□ GCP Chip DB는 정밀기하영상을 생성하기 위한 기준점 DB로 Chip 영상(Chip파일명, 크기등) 과 기준점 Table(좌표 등 속성)등으로 구성

- GCP Chip에 활용되는 기준점은 국내지역(통합기준점 및 삼각점), 북한지역(TerraSAR-X 기준점, 접불사업 지상기준점), 극지역(지상기준점) 등으로 구분하였으며, 영상 Chip은 정사영상으로부터 제작
- 국내 지역의 통합기준점은 매년 측량성고가 고시되고 있으며, 북한지역은 접불사업을 통해서 지상기준점이 추가되고 있어 이에 대한 반영이 필요
- 기준점 주변의 지형지물의 변화가 발생함에 따라 영상매칭에 대한 정확도를 확보하기 위해서는 최신 영상으로 영상 Chip을 유지하는 것이 유리
- 정밀영상의 품질을 유지, 확보하기 위해서는 GCP Chip의 최신성을 유지하는 것이 선제 조건이 되므로 이를 유지관리하기 위한 방안 필요

(2) GCP 유지관리 방안

- GCP Chip DB에 활용된 다양한 기준점 성과는 국토지리정보원의 다양한 사업 성과를 기반으로 하고 있으며, 대다수의 사업 성과는 연초인 1~2월 사이에 성과 고시
- 매해 연초에 고시된 국가기준점, 정사영상, 그 외 지상기준점 성과를 취합 정리하여 DB와 동일한 기준점을 속성을 검토하여 최신좌표를 유지하도록 하며, 영상 Chip은 정사영상으로부터 재취득
- 국내에 GCP 밀도를 증가시키기 위한 방안으로 국가기본도에 활용된 지상기준점을 GCP DB에 추가하는 방안이 필요하며, 그 외 극지역 및 해외지역에 대한 사업에서 활용된 지상기준점을 사업성과 고시 후 GCP DB에 반영하여 국내외에 GCP 확보
- 현재 해외지역에 대한 GCP가 매우 부족한 상황이며 해외지역에 대한 영상 취득 후 처리를 위해서 GCP의 확보가 요구

<그림 5-8> GCP Chip 유지관리 방안



다) 유지관리

□ 시스템 유지 관리 필요성

- 국토위성센터의 위성정보 수집·활용 시스템은 수많은 시스템들로 구성되어 업무프로세스에 포함되지 않지만 저장장치관리 시스템과 같이 중요한 임무를 수행하는 시스템들도 존재
- 수많은 시스템들의 연계를 통해 구축된 시스템은 주기적으로 유지보수를 수행하며 이는 일간/월간/분기/연간 단위로 시스템에 대한 점검 수행
- 대용량의 위성정보를 저장하는 국토위성센터의 특성상 저장장치관리는 중요한 사항으로 저장장치의 사용량을 점검하고, 저장장치 여유량을 검토 및 위성정보의 백업 계획 수립

□ 시스템 유지 관리 내역

- 시스템 유지 관리를 위해서 정기적으로 점검이 요구되어 지며, 점검사항은 시스템 이상, 저장장치 관리, 방화벽 침입 여부, 네트워크 이상 점검, 하드웨어 점검 등을 대상
- 시스템의 원활한 운영을 위해서 매일 점검이 요구되는 것은 시스템 상태 확인, 저장장치의 사용량을 점검하여 사용자의 불편을 최소화하고 저장장치의 용량을 관리
- 일정 기간별로 점검이 필요한 것은 방화벽 침입, 네트워크 이상, 저장장치 사용량 통계 및 여유 관리, 저장장치 백업 계획 수립 및 실행 등을 통해 중장기적 관점에서의 시스템 운영을 위한 관리 수행
- 연간 계획을 통해서 노후화 및 고장으로 인해 사용이 불가능하거나 시스템 성능을 저하 시키는 하드웨어의 교체 및 고도화 계획을 수립하고 시스템의 기능 통합 및 개선을 위한 방안을 마련

<표 5-3> 시스템 유지 관리 업무

구분	주기	세부 내용	비고
비정기 업무	일간	시스템 상세 모니터링 기능을 이용하여 각 서버별 시스템 상태 확인 및 이상 유무 확인·조치, 저장장치 사용량 확인	
	주간	방화벽 이상 유무 확인, 네트워크 이상 확인, 저장장치 사용량 통계 및 여유량 점검	
	월간	시스템 구성요소별 서버, 방화벽, 저장장치, 워크스테이션 장비, 네트워크, 기반환경장비 등에 대한 점검을 수행, 저장장치 백업 계획 수립	
	분기	시스템 구성요소별 서버, 방화벽, 저장장치, 워크스테이션 장비, 네트워크, 기반환경장비 등에 대한 점검을 수행, 저장장치 백업, 비상전원장치 점검	
	연간	장비고장 또는 노후화로 인한 전산 장비 교체 및 기능 통합 시스템 수행	

4) 국토위성센터 운영인력 및 조직(안) 제시

□ '21년에 발사 예정인 국토관측 전용위성의 운영·활용 업무를 전담할 수 있는 “국토위성센터” 운영 조직인력 필요

- 국토위성센터는 국내 최초 공공분야 고해상도 광학위성데이터의 수신·처리, 시스템·장비(HW, SW) 운영, 위성의 안정적 운영과 위성정보 생산·관리·공급 등 수행
- 위성시스템장비 운용 및 기술개발 등을 고도의 복잡성·전문성을 요구함에 따라, 위성분야 경험·지식을 동반한 전문 인력의 확보 필요

□ 차세대중형위성정보의 체계적인 수집·생산·가공관리를 위한 시스템 운영을 통한 사용자와 수요자가 수집한 위성정보를 효율적으로 활용할 수 있도록 활용 산출물의 검색·공급·배포 서비스를 지원

- '21년 국토관측위성 발사 후 본격운영 시 업무 현황 및 소요 인력 산출하여 각 위성영상시스템의 운영을 위한 인력 도출 필요

□ 위성에서 수신한 표준영상을 고부가가치 영상으로 제작하기 위한 기초기술 및 해당 영상의 대외 활용 활성화를 위한 영상 활용기술 개발

- 국토위성에서 수신한 원시데이터를 고부가가치 영상으로 가공할 수 있도록 위치정확도 개선, 정사투영 및 영상 간 융·복합 등을 위한 기술 개발에 따른 운영 인력 검토
- 국토조사 및 공간정보 구축, 도로·수자원 등 국토의 효율적 이용과 관리를 지원하기 위한 활용도가 높은 기술 개발 및 수요자 대응을 위한 소요 인력 검토

□ 국토위성센터의 위성정보 수집·처리·배포 등의 업무를 분석하고 해당 업무별 소요인력 및 담당부서를 구성

<표 5-4> 국토위성센터 수행 업무 및 운영 내용

업무내용	시스템	비고
<ul style="list-style-type: none"> • 촬영제한지역 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 수요자의 주문촬영이 불가한 촬영제한지역의 추가 및 삭제 • 외부 보조데이터 수신 <ul style="list-style-type: none"> - 촬영계획보조데이터(TLE, OPD, Contact Schedule, BOP) 수신 확인 - 운량예측자료 수신 확인 • 신규촬영계획 수립(촬영요구시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 수요자 촬영주문서 검토결과를 주문처리시스템에 전달 - 수요자 승인된 주문서에 대한 촬영계획 수립 • 일단위 촬영계획 수립 및 항우연 전달(촬영요구시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 수립된 일단위 촬영계획과 수요자 촬영계획 요구를 항우연으로 전달 • 항우연으로부터 예상 촬영정보 수신(촬영요구시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 영상정보(예상 용량, 수량 등) 촬영요구지역, 촬영기간, 촬영방법, 예상시간 등 수신 - 촬영승인정보(DS, Downlinkk Schedule) 수신 • 거절된 촬영 건 확인 및 계획 재수립 <ul style="list-style-type: none"> - 거절된 사유에 대한 분석 - 계획 재수립에 따른 수요자 재통보 실시 • 긴급촬영 요청 시 촬영계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 주문시스템으로 전달받은 긴급촬영 요청 확인 - 접수받는 시점의 위성운영 최신 궤도 실시간 확인 - 최소시간 촬영계획을 수립하여 항우연에게 전달 • 일일업무보고 <ul style="list-style-type: none"> - 촬영 계획 면적, 위성정보 수신 면적, 위성궤도 수동 업데이트 - 장비 용량 체크, 통신상태 작동 여부 체크 등 일일점검사항 체크 	•촬영요구 시스템	
<ul style="list-style-type: none"> • 야간 위성정보 수신 내역 검토(전일 야간) <ul style="list-style-type: none"> - 전일 야간에 수신된 LOF 직저장데이터에 대한 내역 검토 - 표준영상 시스템에 LOF 카탈로그 생성 요청 • 위성정보 수신 내역 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 촬영 계획 대비 수신영상 검토를 통해 수신 누락 여부 확인 - 누락 영상 존재 시 항우연 담당자 확인 후 조치 	•위성수신 시스템	
<ul style="list-style-type: none"> • 수요자/운영자 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 수요자 가입신청 승인 검토 및 알림 - 수요자는 정부/소속기관/지자체/민간 등으로 구분하여 관리 - 운영자 정보 유효성 검사와 정보 수정/조회/유효성검사/삭제 등 - 운영자 운영정보(아이디/패스워드 등) 보안 관리 	<ul style="list-style-type: none"> •검색주문 관리시스템 •주문처리 시스템 •자료관리 시스템 	

업무내용	시스템	비고
<ul style="list-style-type: none"> • 수요자 주문 검토/승인 <ul style="list-style-type: none"> - 시스템으로부터 촬영주문 전달 감지 - 수요자 구분(민간,기관) 별 촬영요구 지역 및 주문요구사항 접수 - (신규) 접수된 주문서를 검토하기 위해 촬영계획 수립으로 전달 - (신규) 촬영주문 검토결과(촬영주문 승인여부, 검토 의견 등) 수요자 전달 - (기존) 기존 영상 활용의 경우 자료관리시스템(활용)으로 영상주문 - (기존) 활용산출물이 자료관리 시스템 내 성과 배포 - 주문 처리상태 최신화 - 주문 처리상태 수요자에게 전달 		
<ul style="list-style-type: none"> • 긴급촬영 계획 수립(촬영요구시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 주문관리자는 긴급촬영에 대한 규정과 상황을 판단 - 긴급으로 판단될 시 긴급촬영계획을 1순위로 수립 		
<ul style="list-style-type: none"> • 주문정보 등록/전달(주문처리시스템 -> 촬영요구시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 수립된 촬영계획서를 기반으로 촬영계획 수립으로 이동 		
<ul style="list-style-type: none"> • 주문처리시스템(웹시스템 포함) 관리/운영(주문처리시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 검색용(외부공개용) 위성영상, 산출물 분류 - 검색용(외부공개용) 정보 최신화 		
<ul style="list-style-type: none"> • 주문별 성과물 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 배포 성과물을 시스템에 도시 	<ul style="list-style-type: none"> •배포처리 시스템 •배포관리 시스템 	
<ul style="list-style-type: none"> • 주문 성과 배포 <ul style="list-style-type: none"> - 성과물(표준/정밀/활용산출물 등)을 수요자에게 배포 		
<ul style="list-style-type: none"> • 배포처리시스템(웹시스템 포함) 관리/운영 <ul style="list-style-type: none"> - 성과물 이력관리 등 		
<ul style="list-style-type: none"> • 배포용 자료관리시스템 관리/운영 <ul style="list-style-type: none"> - 웹(FTP/다운로드 링크 등) - DVD(오프라인 전반) 		
<ul style="list-style-type: none"> • 배포 이력 등록 및 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 주문번호/주문일자/배포일자/배포매체/주문자번호/주문자그룹/배포주소/주문자전화번호/주문자 이메일주소 등록 		
<ul style="list-style-type: none"> • 일일업무보고 <ul style="list-style-type: none"> - 주문 및 배포 물량 등 		
<ul style="list-style-type: none"> • 운영관리시스템 관리/운영(백업) <ul style="list-style-type: none"> - 중요 데이터 백업 설정, 수행여부 및 처리 상태 확인 		
<ul style="list-style-type: none"> • 기반환경시스템 관리/운영(보안, 정보보호 등) <ul style="list-style-type: none"> - 비인가 장비/매체 접근 인가 및 차단 수행 - 백신상태 점검, 감시 이력 조회 - 최신 백신데이터 준비 및 업데이트 	<ul style="list-style-type: none"> •운영관리 시스템 •HW 관리 •기반환경 시스템 	
<ul style="list-style-type: none"> • 시스템 HW관리/유지보수 관리 		
<ul style="list-style-type: none"> • 저장관리시스템 관리/운영 <ul style="list-style-type: none"> - 저장관리정책 수립 및 반영 	<ul style="list-style-type: none"> •저장관리 시스템 	

업무내용	시스템	비고
<ul style="list-style-type: none"> - RAID 계층, 백업 계층 저장여부 확인 - 위성정보 속성 DB 등록 및 갱신 - 저장 공간 확인(저장 공간 확보를 위한 위성정보 offline 백업) 		
<ul style="list-style-type: none"> • 일일업무보고 <ul style="list-style-type: none"> - 일일 저장장치 사용량, 여유 용량 등 		
<ul style="list-style-type: none"> • 시스템별 이상유무 확인 <ul style="list-style-type: none"> - 시스템 상세 모니터링 기능을 이용하여 각 서버별 시스템 상태 확인 및 이상 유무 확인·조치 - 위성운영실/서버실 근무자 상황표 작성/비치 - 보안지역처리 일일 처리 업무 내역 작성 및 결재자 승인 	•수집·활용 시스템	
<ul style="list-style-type: none"> • PAD/POD 파일 수신 검토(위성정보수신시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 전일 수신된 위성정보에 대한 POD/PAD 성과 수신 확인하여 백업 - 저장된 L0F 영상과 POD/PAD 성과를 이용하여 표준, 정밀영상 제작 	•운영관리 시스템	
<ul style="list-style-type: none"> • L0F 파일 수신 확인(저장관리시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 촬영요청 파일 대비 L0F 수신 비율 확인 (100프로 원칙) 		
<ul style="list-style-type: none"> • L0F 파일 검토(저장관리시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 수신 받은 파일의 정상/비정상 여부 확인 - 비정상 파일의 재발송 요청 		
<ul style="list-style-type: none"> • L0F 씬 분할 및 카탈로그 생성(표준영상생성시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 위성수신시스템에서 수신한 저장관리시스템에 저장된 L0F영상을 씬분할과 카탈로그를 생성 	•표준영상 생성시스템	
<ul style="list-style-type: none"> • L1R, L1G 영상 생성/검토(표준영상생성시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 저장관리 시스템에서 L0F 카탈로그 생성 완료됨을 감지하여, 운량분석 후 POD/PAD를 로드하여 표준영상을 생성 		
<ul style="list-style-type: none"> • 일일업무보고 <ul style="list-style-type: none"> - 수신 내역, 표준영상 생성 내역 등 - 표준영상 일일 처리 내역 작성 및 결재자 승인 		
<ul style="list-style-type: none"> • L2G, 정사영상 영상 생성/검토(정밀영상생성시스템) <ul style="list-style-type: none"> - 저장관리 시스템은 표준영상 생성이 완료됨을 감지 후 정밀영상생성시스템에 정밀영상 생성 요청 - 표준영상과 표준영상 지역에 해당하는 지상기준점(GCP) 및 수치표고모델(DEM)을 DB로부터 로드하여 정밀영상 생성 	•정밀영상 생성시스템 •GCP관리 시스템	
<ul style="list-style-type: none"> • GCP DB 관리 		
<ul style="list-style-type: none"> • L2G, 정사영상 영상 품질관리 <ul style="list-style-type: none"> - 품질기준 (안)에 따른 등급 분류(A/B/C)로 배포 및 활용산출물 생산 여부 등을 확인 - 품질관리를 위한 정사영상의 해상도 및 선명도 기준 마련 - 촬영 조건별 기하수립 알고리즘 정확도 점검 		
<ul style="list-style-type: none"> • 일일업무보고 <ul style="list-style-type: none"> - 수신 내역, 정밀영상 생성 내역 등 		

업무내용	시스템	비고
- 정밀정사영상 일일 처리 내역 작성 및 결재자 승인		
<ul style="list-style-type: none"> 표준 및 정밀 영상 보안지역 처리 <ul style="list-style-type: none"> 저장관리시스템에서 생성된 영상(표준, 정밀)을 확인하여 보안처리 수행 영상 내 보안지역이 검토 및 보안 처리 수행 승인 완료된 보안처리영상을 저장관리시스템(활용)으로 전달 	•보안처리 시스템	
<ul style="list-style-type: none"> 일일업무보고 <ul style="list-style-type: none"> 보안처리 작업 물량, 수요자 주문 처리 물량 등 미 처리지역 산출횟수 및 통계처리(통계처리는 보안사항 준수) 	•보안처리 시스템	

□ 국토위성센터 수행 조직 및 시스템 운영 인력

- 국토관측위성의 1일 취득하여 생성되는 표준영상은 약 80 Scene으로 예상되며 수신된 영상을 정사영상으로 생성하는데 소요되는 시간은 약 48시간으로 산출(4개 서버 × 1씩 당 약 2.5시간)
- 위성영상 산출물 중 민간배포를 위해서는 보안처리가 필수적으로 수행되어야 하며 해당 공정에서 소요되는 시간이 중요하나 현 시스템 상 보안처리 시스템은 2대만 운영되고 있음
- 시스템간의 연계 및 산출물 생성에 소요 시간을 검증하여 시스템 운영인원을 도출하여야 하나 연구기간 완료 직전에 시스템이 완료되어 R&D 사업단의 검토를 통해 소요인원을 제시

<표 5-5> 시스템별 담당 및 소요 인원

담당	전담	담당 시스템	권장 인원	최소 인원	비고
운영 담당	운영 전담	위성정보수신 서브시스템	2	1	
		촬영요구 서브시스템			
		저장관리 서브시스템	2	1	
		자료관리 서브시스템			
		운영관리 서브시스템 (수집시스템)			
		운영관리 서브시스템 (활용시스템)			
		웹서비스관리 서브시스템	2	2	
		주문처리 서브시스템			
		배포처리 서브시스템			
		검색주문관리 서브시스템			
	전처리 전담	표준영상생성 서브시스템	3	2	
		정밀영상생성 서브시스템			
	센터 장비 유지관리 전담	HW, NW 관리	2	1	
		기반시스템			
활용 담당	보안관리 전담	보안지역처리 서브시스템	2	2	
	공간정보 구축 전담	활용분석처리 서브시스템	4	4	
	국토 조사 및 관리 전담	활용분석처리 서브시스템	2	1	
소 계			19	14	

2. 국토위성센터 운영 방안

가. 국토관측위성 촬영시뮬레이션 결과분석에 따른 위성센터 운영 방안

□ 인공위성의 촬영 운영계획은 일반적으로 Collection Planning System(이하, CPS)을 통하여 운영계획을 수립

- CPS 내에서 구동되는 소프트웨어에 대한 촬영계획 등에 관한 알고리즘은 국토관측위성 위성 촬영 시스템에서 최적의 주문 일정 생성을 위해 운영계획 알고리즘을 제공
- 따라서 본 연구에서는 날씨, 관심 지역, 우선 촬영지역 등의 외부적인 요인에 영향을 받는 시기 및 지역에 따라 촬영계획을 수립하는 데 있어 1년 및 분기 단위의 장기 운영 계획과 주간 및 일 단위의 단기 운영계획으로 나뉘서 국토관측위성 운영계획을 구분하여 제시

1) 장기 운영계획

□ 인공위성 촬영은 한정된 위성 자원을 최대한 활용하여 사용자의 촬영 요청을 가능한 적절한 시기에 반영할 수 있도록 하기 위해서는 하루 단위의 촬영계획 이전에 거시적으로 장기간 스케줄링을 수행하는 장기간(long-term) 운영계획 수립이 필요

- 그러나 운영자가 장기 운영계획을 위해 제약사항과 변수를 고려하는 것은 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 주문의 양이 늘어나면 판단의 오류가 발생할 수 있음
- 따라서 앞서 설명한 촬영계획 절차에 따라 장기 운영 계획은 최적화를 통해 생성한 후 그 정보를 바탕으로 운영자가 일 단위의 촬영계획을 검토하고 확정하는 과정이 필요
- 장기 운영계획을 수립하기 위해서는 가능한 많은 변수와 가중치를 설정하여 정확도를 높이는 것이 중요
- 위성의 메모리와 전력은 예측값을 사용하여도 실제 촬영 당일 예기치 못한 상황이 발생한다면 큰 의미가 없게 되고 위성 수신 안테나의 가용 여부도 마찬가지 임. 따라서 장기 운영계획에서는 메모리, 전력, 수신 안테나의 가용 여부는 반영하지 않기로 함.

□ 장기 운영계획을 수립하기 위해서는 1년 동안 촬영하고자 하는 목표지역을 수립

- 목표지역이 수립되면 각 지역에 대한 데이터베이스를 구축하고 국토관측위성 1, 2호 별로 할당하기 위해 처리
- 그런 다음 국토관측위성 1, 2호 위성에 대하여 목표지역의 영상획득이 가능한 통계(예측되는 총 궤도 수, 촬영시간, 재방문 시간 등)를 결정하여 수집
- 이때 인공위성의 제약 조건(자세 보정 시간, 안정화 시간 등)을 고려해야 한다.

□ 위성 리소스의 활용 가능성을 확인하기 위해 장기 운영계획에 필요한 사항은 다음과 같음

- 촬영계획을 위해 network-flow 모형을 사용
- 촬영주문 항목과 위성 자원 항목을 비교하여 평가
- 촬영주문의 종료 일자를 만족하지 못하는 주문을 확인
- 평가결과를 바탕으로 승인 또는 거절된 새로운 촬영주문을 생성하는 기준을 수립
- 각각의 촬영주문에 대해 균형 잡힌 촬영계획을 위해 30일 동안 촬영되어야 할 예측값의 비율을 결정함
- 촬영주문과 위성의 기동성을 고려해 매일 수립
- 촬영 결과를 바탕으로 촬영주문은 업데이트
- 할당되지 않은 촬영시간에 대해 리소스를 바탕으로 새로운 촬영주문을 생성

□ 장기 운영계획을 수립할 때 과거 날씨 데이터에 대한 통계자료를 적용하여 위성영상 촬영기회에 대한 영향을 분석하는 데 활용

- 우리나라의 경우 6월, 7월, 8월까지 장마의 영향으로 인하여 월별 구름량의 통계가 70% 이상으로 나타나 해당 기간에 촬영이 어려운 상황을 촬영계획에 반영 필요
- 목표지역에 대한 국토관측위성 촬영 액세스 데이터가 결정되면 CPS 상에서 운영자는 할당한 촬영 가능 자료를 기반으로 예상되는 개별 촬영 가능한 자료를 로딩하여 결정하고 제시
- CPS 시스템에서는 촬영 가능 시간, 사용자가 선호하는 특정한 날짜에 대한 선호도 및 기타 요인에 기초하여 장기계획을 수립

□ 연간 계획의 마지막 단계는 월간 목표 할당으로 구성된 연간 계획을 수립

- 연간 목표는 촬영주문 시간이 지정된 경우, 촬영 우선순위 및 위성영상 촬영 능력 및 사용 환경 설정에 따라 연간 목표를 설정

가) 장기 운영계획 수립을 위한 관심 지역 도출

□ 국토관측위성 활용에 있어 접근불능지역은 항공사진 촬영이 불가능한 지역으로 국토관측위성이 지나가는 시점을 기준으로 모는 위성 리소스를 동원하여 촬영을 수행

- 남한지역은 동·서 권역을 구분하여 25cm급 항공사진을 2년 단위로 촬영하고 있어 남한지역에서 항공사진이 촬영되지 않는 지역과 시기에 대한 장기 운영계획이 필요
- 본 연구에서 국토관측위성을 장기 운영계획 수립을 위한 촬영 주요 관심 지역은 항공사진이 촬영되지 않는 지역 및 시기를 주요 ROI로 설정
- 국토지리정보원은 국가기본도 사업을 수행하면서 수치지형도 제작을 위해 매년 2년 주기로

25cm급 항공사진을 촬영하고 있으며 1/1,000 수치지형도는 당해연도 촬영하여 당해연도 수치지형도 제작으로 업무를 수행하고 있으나, 국가기본도인 1/5,000 수치지형도는 다음 연도에 사업할 사업지구를 당해연도에 발주하여 촬영을 수행

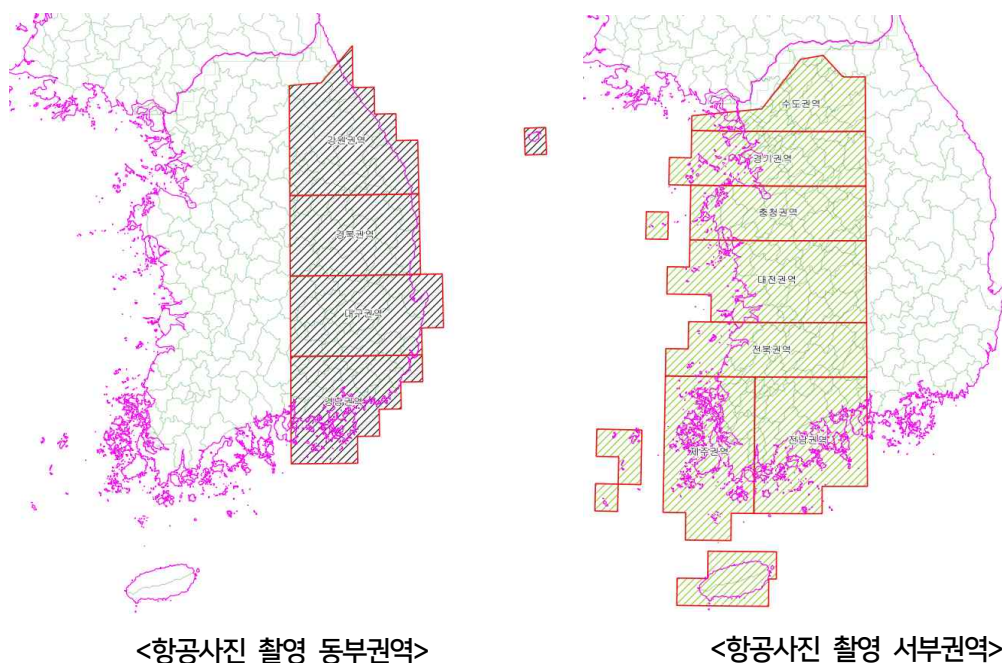
- 따라서 현행 상황에서는 당해연도 항공사진 촬영지역은 영상정보를 확보할 수 있으나, 항공사진 촬영이 이루어지지 않는 지역은 영상의 최신성이 저하 될 수밖에 없음.

(1) 항공사진 촬영 시기 차이에 따른 관심 지역 시뮬레이션 실행 설정

□ 현재 항공사진 촬영은 동부권역과 서부권역을 나눠서 2년 주기로 촬영이 이뤄짐

- 동부권역이 항공사진 촬영되는 시기에는 서부권역에 대한 항공사진 촬영이 이루어지지 않아 정사영상 등 래스터(raster) 기반의 공간정보 최신성이 저하되고, 이를 기초로 구축되는 벡터(vector) 형태의 공간정보 또한 최신성이 저하될 수밖에 없음
- 반대로 서부권역이 촬영되는 시기에는 동부권역에서 같은 현상이 발생
- 따라서 국토관측위성영상 중 · 단기 촬영계획을 수립할 때 이와 같은 내용을 고려하여 촬영계획을 수립해야 효율적으로 국토관측위성영상 정보를 획득할 수 있을 것으로 판단

<그림 5-9> 2년 주기의 항공사진 촬영 권역



자료: 저자작성

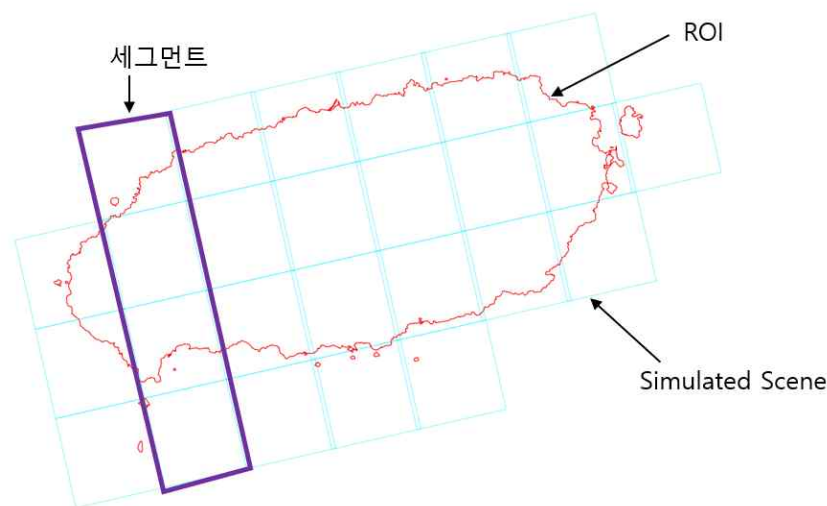
□ 시뮬레이션 실행(이하 Simulated scene)이란 주문을 요청받은 관심 영역에 대해 각 위성의 촬영 폭을 기준으로 하여 가로세로 같은 크기의 위성 영상을 기준으로 하여 주문 요청지역이 몇 장의 기준 영상으로 촬영될 것인지 시뮬레이션을 통해 예측

- ROI에 대해 Simulated scene이 한 번 설정되면 촬영이 종료될 때까지 유효하므로 촬영 종료의 유무 즉, 주문의 관리를 함에 있어 남아 있는 Simulated scene의 수로 판단해도 무방
- 촬영계획을 할 때 촬영이 시작되는 위치를 잡는 것은 ROI에서 연속적으로 존재하기 때문에 무한한 경우의 수가 발생. 그러나 Simulated scene을 활용하면 몇 번째 scene부터 촬영을 시작해야 할 것인지만 결정하면 되기 때문에 경우의 수가 유한하므로 촬영계획 수립이 용이

□ <그림5-10>은 Simulated scene과 세그먼트와의 관계

- 국토관측위성의 장기 촬영계획에서는 촬영 가능한 위성 궤도의 Ground Track에서 simulated scene이 가장 많은 지역을 우선순위로 선택하는 것이 장기 촬영계획의 효율 면에서 적합
- 반면 위성 궤도의 특성상 전라남도 지역을 촬영할 경우 충청도와 수도권 지역도 촬영궤도에 해당하므로 각 세그먼트와 simulated scene은 긴급촬영이나 우선 촬영 현황이 발생하였을 경우 활용하는 것이 좋을 것으로 판단

<그림 5-10> Simulated scene의 개념



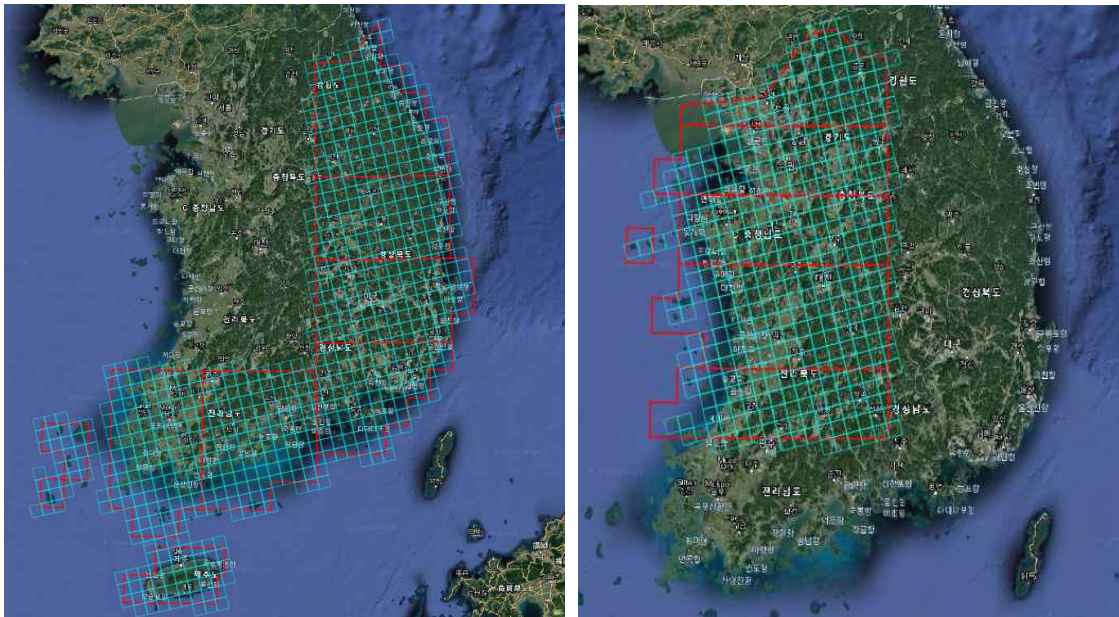
자료: 저자작성

□ 장기 촬영계획을 위해 동부 권역과 서부 권역에 대하여 Simulated scene의 개수를 파악

- 개수 파악은 국토관측위성의 한 켄의 촬영 면적을 $12\text{km} \times 12\text{km}$ 로 설정하고 각 켄 간의 중첩도를 수평 방향으로 500m 설정
- 중첩도를 500m로 설정한 이유는 앞 장에서 언급한 것과 같이 정사영상 제작 시 인접 지역의 seamline 편집을 고려하였기 때문에 임.
- 위와 같은 조건으로 Simulated scene을 설정하면 동부 권역의 simulated scene의 개수는 601개, 서부 권역의 경우는 408개로 동부 권역에 비하여 적게 나타남.
- 이는 그림에서 보는 것과 같이 동부권역이 전라남도 지역을 포함하고 있으므로 Simulated

scene 개수가 많게 나타남

<그림 5-11> 항공사진 촬영 권역 Simulated scene



<동부권역 Simulated scene>

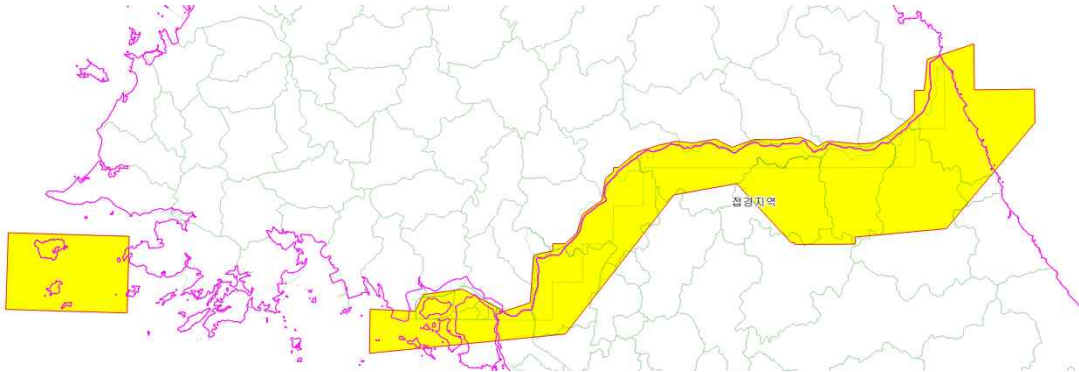
<서부권역 Simulated scene>

(2) 항공사진 촬영 불가능 관심 지역

□ 국토지리정보원에서 한반도 내 항공사진 촬영이 불가능한 지역에 공간정보를 구축하는 지역은 접경지역과 접근불능지역

- 접경지역이란 일반적인 의미에서 접경지역이란 ‘특정 경계선을 중심으로 이와 인접한 일정한 구역’을 의미
- 국토지리정보원의 공간정보 구축에서 접경지역이란 비무장지대 또는 해상의 북방한계선과 맞닿은 지역을 의미하며, 접경지역 내 비행금지 구역으로 설정되어 있어 항공기를 이용한 항공사진 촬영이 불가능한 지역
- 해당 지역은 항공기, 드론 등을 이용한 항공영상을 취득할 수 없으므로 인공위성 영상을 이용한 데이터 취득만이 유일한 영상 취득 방안
- 국토지리정보원은 2006년부터 공간해상도 1m급의 고해상도 위성영상을 이용한 1/5,000 수치지형도를 제작하고 있으며, 현재도 동부권역과 서부권역을 나눠서 제작
- 접경지역은 국토개발 활동이 거의 일어나지 않거나 미비하게 진행되는 지역으로 현재는 수치지형도를 신규를 제작하기보다는 기존 수치지형도에서 변화가 일어난 지역만 수정·갱신으로 진행
- 접경지역은 <그림 5-12>와 같이 휴전선을 따라 동서로 긴 형태의 지역으로 남북으로 좁은 지역(약 10km ~ 50km)이지만 위성의 진행 방향과 거의 직각으로 촬영이 이루어져 국토관측위성의 CMG 성능에 따라 ROI 면적 대비 국토관측위성 취득 효율이 낮을 것으로 예상

<그림 5-12> 접경지역 현황

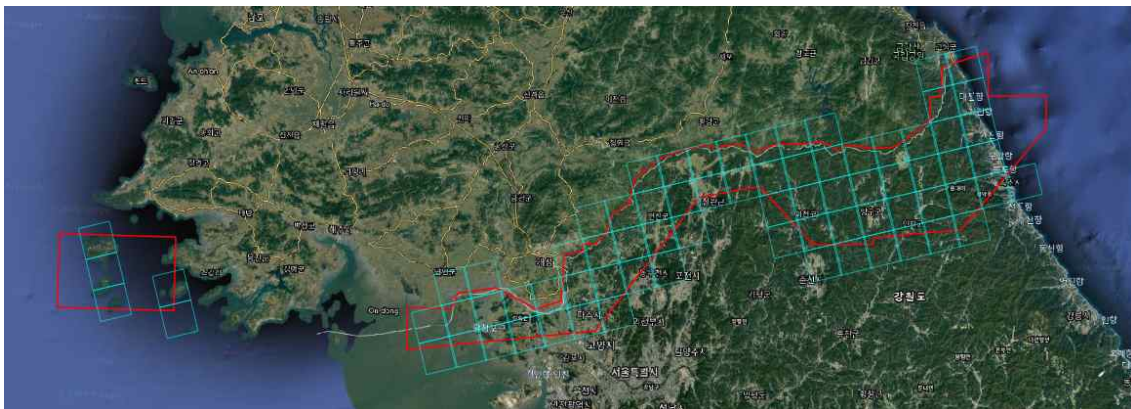


자료: 저자작성

□ 접경지역의 Simulated scene의 현황은 <그림 5-13>과 같음

- 개수는 76개로 구성하여 접경지역의 Simulated scene 개수는 적지만 위에서 언급한 것과 같이 동서로 긴 형태로 남북으로 촬영하는 위성영상에서 데이터를 취득하기에는 다소 불리한 지역임
- 접경지역은 국토지리정보원의 사업 특성상 1/5,000 수치지형도 제작을 수행하기 위한 지역으로 사업 진행을 위해서는 입체영상 촬영이 이루어져야 하는 지역이므로 장기계획 수립 시 국토 관측위성 1, 2호의 운영적 효율 등을 고려하여 장기 촬영계획을 수립이 필요

<그림 5-13> 접경지역 Simulated scene



자료: 저자작성

□ 접근불능지역은 항공사진 촬영뿐만 아니라 사람의 접근도 불가능한 북한지역 등을 포함함

- 국토지리정보원은 2009년부터 2012년까지 공간해상도 2.5m SPOT 등 위성영상을 활용하여 북한 전역에 대하여 1/25,000 수치지형도를 구축
- 최근 북한 주요 지역의 대축척 지도 제작 필요성으로 인하여 도심지, 철도선 지역에 0.5m급 고해상도 위성영상을 이용하여 1/5,000 수치지형도를 제작

- 접근불능지역의 ROI는 공간영상과의 협조하에 중 · 장기적인 구축 계획 지역 확인을 통하여 ROI를 설정하여 시뮬레이션 수행이 필요.

(3) 영상획득 목표치 설정

- 촬영 목표치는 구름양 요소를 고려하지 않은 경우와 구름양 요소를 고려하여 위성영상 획득 목표치를 설정
- 광학위성은 영상에 구름 등이 존재하여 지표면 확인이 되지 않으면 데이터로서의 활용 가치가 저하되기 때문에 구름양을 고려하지 않는 영상 목표치 선정이 불필요
- 본 연구에서 한반도 ASOS 데이터를 이용한 구름양과 Ground Track에 따른 촬영 면적 등을 고려하였을 경우 국토관측위성 1, 2호를 활용하여 1년 이내 100% 촬영 목표지역은 부산, 남해를 포함하여 102개 지역으로 설정

<표 5-6> 지역별 장기 목표치 설정

기 간	지 역	목표치	비 고
1년 이내 단 영상 획득 지역	부산, 남해, 산청, 김해, 함양, 임실, 여수, 파주, 동두천, 대전, 이천, 서울, 금산, 청주, 서귀포, 장수, 강진, 광양, 진주, 영주, 영월, 남원, 고창, 성산, 춘천, 안동, 해남, 전주, 대구, 목포, 양평, 천안, 북창원, 인제, 창원, 속초, 밀양, 수원, 보은, 군산, 북강릉, 고산, 양산시, 순천, 홍천, 홍성, 영천, 강릉, 제주, 제천, 영덕, 충주, 정읍, 울진, 거창, 광주, 남포, 부안, 철원, 원주, 북춘천, 부여, 문경, 구미, 강화, 울산, 상주, 영광군, 보성군, 동해, 경주, 추풍령, 장흥, 포항, 신의주, 대관령, 정선군, 합천, 인천, 의령군, 진도군, 봉화, 태백, 개성, 완도, 수풍, 통영, 순창군, 장전, 보령, 신계, 고흥, 거제, 안주, 평가, 흑산도, 구성, 심지연, 중강, 원산, 서산, 사리원, 청송	100%	
1년 이내 입체시 획득 지역	강화, 파주, 동두천, 철원, 북춘천, 인제, 속초	100%	
2년 이내 단 영상 획득 지역	함흥, 양덕, 해주, 평양, 용연, 김책, 혜산, 풍산, 울릉도, 장진, 강계, 희천, 선봉, 청진, 신포	100%	
2년 이내 입체시 획득 지역	용연	100%	

자료: 저자작성

2) 단기 운영계획

□ 단기 운영계획은 주간 계획 및 일일 계획으로 각 주 및 일에 해당하는 위성이 통과하는 패스 할당을 통하여 업무를 처리

- 단기 운영 계획도 촬영 우선순위, 촬영 시작 및 종료시간 등으로 결정된 순위에 따라 인공위성의 GSD, 방위각, 자세 제한 요소들로 결정
- 단기 운영계획에서 고려할 사항은 한 궤도당 최대 촬영 가능 시간, 한 궤도에서 최대촬영 가능 횟수, 촬영 간의 Gap, 하루 최대 촬영시간, 주문 촬영 각, 주문 요청 구름양 확인이 필요
- 각 촬영주문에 대해 가중치를 부여하여 점수를 계산하고 이 값이 최대값을 갖도록 최적화를 수행

□ 최적화의 일반적인 우선순위는 다음과 같음

- 우선순위
- 날씨 정보
- 종료 날짜
- 촬영 각
- 주문 일자
- 요청영역

□ 만약 같은 우선순위가 있는 주문끼리 충돌이 있다면 아래의 판단조건으로 순차적으로 주문을 선별하여 처리

- 우선순위는 높은 것부터 처리하며 주문 일자의 경우는 긴급촬영 상황이 아니면 먼저 들어온 주문이 나중에 들어온 주문보다 먼저 처리
- 촬영 종료 일자의 경우 촬영 종료 촬영 종료 일자가 얼마 남지 않은 주문을 우선 처리
- 촬영 각은 촬영계획 수립일의 궤도를 중심으로 촬영 각이 적은 주문을 우선 처리
- 마지막으로 주문지역의 크기는 기 촬영 후 남은 영역이 적은 주문부터 우선 처리하는 방식으로 단기 운영계획의 수립

□ 단기 운영계획에 있어 가장 중요한 요소는 촬영 당일 기상 현황과 재난 등의 사항으로 인하여 위성이 지나가는 시점에서 영상촬영이 긴급히 이루어져야 하는 사항

- 재난 등으로 인하여 인공위성의 자세 변화를 통하여 장기계획 이외의 지역을 촬영하는 경우는 CPS에서 관련 ROI를 설정하여 촬영이 이루어짐
- 광학위성영상을 촬영하기 위해서는 광원(태양)이 존재해야 하며 촬영 당시 대상물을 파악할 수 있는 대기 조건을 만족해야 함

- 국토관측위성은 태양동기궤도 위성으로 남에서 북으로 진행하는 ascending 진행 방향에서는 오전 10시부터 오후 12시 사이에 지나가기 때문에 광원이 존재하나, 지표면의 대상물을 파악할 수 있는 기상요소인 구름 등은 매시간, 매일 변화로 단기 운영계획 시 촬영지역의 구름 영상 등의 확인을 통하여 ROI 지역에 구름이 존재하면 위성 자세 변화 각도인 30도 이내에서 구름이 없는 지역을 촬영하는 것이 단기 운영계획의 중요 요소
- 우리나라는 천리안 및 천리안 2A 위성을 활용하여 실시간으로 한반도 기상 정보를 제공
- 제공되는 정보에는 가시광선 영역을 제공하여 주고 있으며 해당 자료를 이용하게 되면 현재 구름의 위치와 구름양 등을 파악할 수 있어 단기 촬영계획에 효과적으로 이용

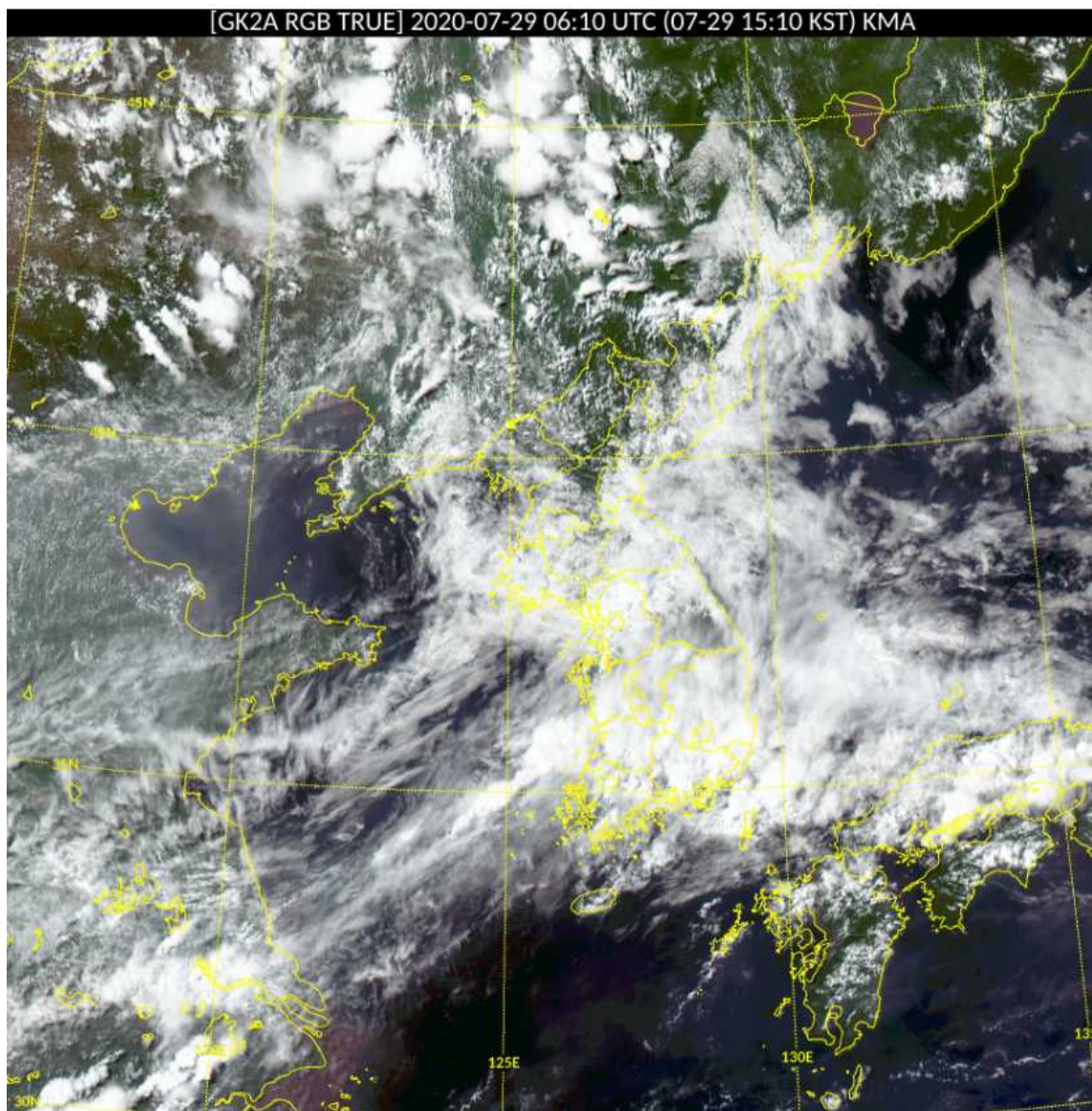
□ 현재 제공되는 지도는 이미지 형태의 지도로 기상청에서 제공하는 OPEN API와 국토관측위성의 Ground Track 및 Simulated scene 데이터를 활용하게 되면 더욱 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 기대

- OPEN API 기반의 기상 정보를 활용하는 방안은 CPS에서 구현할 수 있지 여부를 확인하고, 현재 기능에서 구현이 안 되어있다면 향후 시스템 고도화 부분에서 고도화를 고려

□ <그림 5-14>은 기상 정보의 OPEN API와 GIS의 Shape 파일을 연동하여 구현하였을 경우의 예시

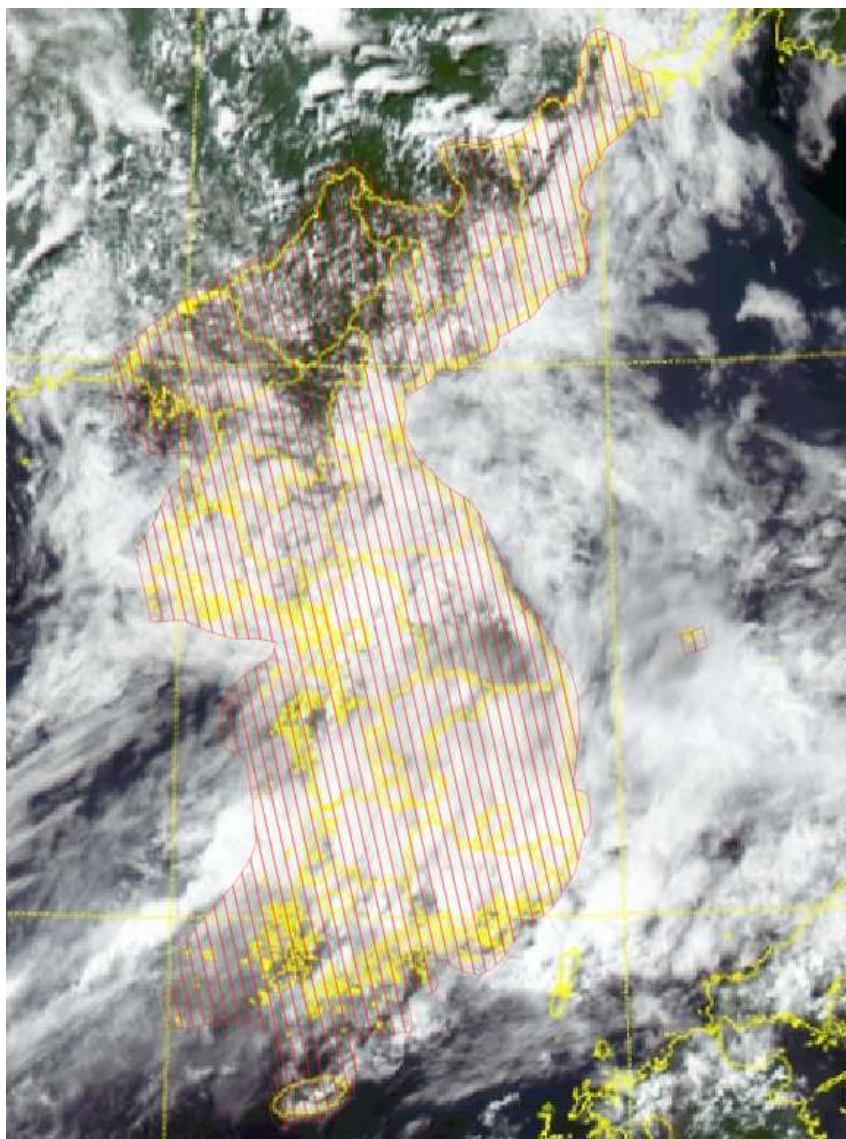
- 그림의 예시와 같이 국토관측위성의 Ground Track, Simulated scene과 실시간 기상위성 자료를 중첩하게 되면 Ground Track 상에서 구름이 존재하는 지역과 존재하지 않는 지역의 구분을 통하여 구름이 단기 촬영계획 및 영상촬영 시 구름양이 적은 지역 획득이 가능
- 현재 북한 화평읍, 량령읍 등 일부 지역을 제외하고 대부분 지역이 구름으로 덮여 있는 것을 확인

<그림 5-14> 실시간 천리안2A 가시영상의 예

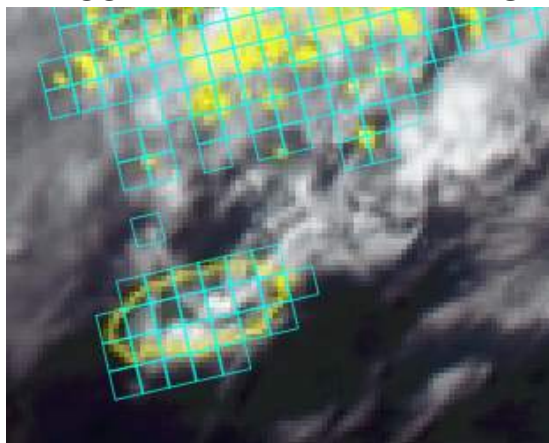


자료: 기상청

<그림 5-15> 기상위성 OPEN API와 Shape 파일 중첩의 예



<천리안 2A영상의 OPEN API와 Ground Track 중첩의 예>



<제주 및 남부지역 확대>

자료: 저자작성

나. 국토관측위성 발사 후 IOT기간을 대비한 운영방안

1) 운영 목적

□ 국토관측위성 발사를 대비한 국토위성센터의 시스템 안정화 및 운영체계 구축

- 국토관측위성을 위해서 수립된 현 국토위성센터는 위성운영을 위한 기반 미비
- 타 기관과의 연계 및 자체적 운영 기반 조성
- 실 위성발사 후 IOT 기간 내 위성정보의 송수신, 외부시스템과의 연계 테스트, 위성정보의 처리·생성·배포 등에 대한 체계 구축 및 안정화

2) 운영 목표

□ 국토관측위성 1호에 대한 촬영 계획 및 운영 방안 수립

- '21년도 국토관측위성 1호 발사 후 2호 발사까지의 몇 개월의 기간이 존재함에 따라 1호기를 통한 한반도 위성정보 취득 계획을 수립
- 국토관측위성 1호를 통해 위성의 촬영계획 및 운영 노하우 취득을 위한 방안 모색

□ 위성영상시스템의 안정화 및 운영 절차 수립

- 위성영상시스템의 개발이 '20년 말경에 완료되고 국토관측위성의 발사가 '21년도로 연기됨에 따라 위성영상시스템에 대한 활용 및 실 운영을 통한 안정화 지연
- IOT기간 중 위성영상시스템의 안정화를 위한 검토사항 및 운영 절차에 대한 고려

□ 위성영상 산출물의 품질관리를 위한 검증 체계 연구

- 국토관측위성의 발사 지연으로 발생한 국토위성센터의 위성운영 공백기간을 통해 국토관측위성의 위성정보 품질유지 방안 체계 연구 수행
- 항우연의 KOMPSAT-3, 3A, 국가기상센터의 천리안 2A, 해양위성센터의 천리안 2B 등 국내 위성센터에서 수행되는 품질관리 체계 검토 및 협력체계 구축을 통해 국토위성센터만의 검증 체계 도출
- 국토지리정보원에서 운영하는 항공사진촬영 카메라의 검보정 사이트의 활용 가능성을 검토

3) 운영 방안

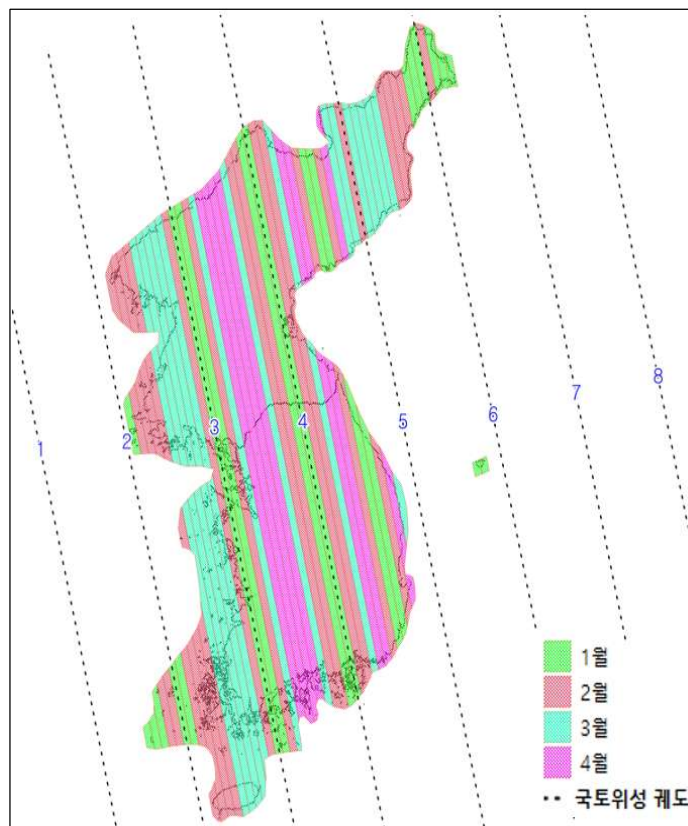
가) 국토관측위성 1호에 대한 촬영 계획 및 운영 방안 수립

(1) 국토관측위성 촬영 방안

□ 국토관측위성의 연간/분기 운영 계획

- 국토관측위성의 촬영시뮬레이션 결과를 분석한 결과, 단일위성의 운영 시 운량을 고려하지 않을 경우 약 4개월에 한반도 전역에 대한 촬영 가능
- 4월을 한 분기로 설정하여 연간 3회의 한반도 전역에 대한 촬영계획을 수립하고 분기당 1회의 한반도 촬영 계획 수립
- 연간/분기 촬영계획 수립 시 예상되는 계절별 변수(태풍, 폭설), 시기별 변수(장마), 정책적 변수(안보) 등을 최대한 고려하여 계획을 수립
- 연간/분기 촬영계획은 국토위성센터 운영 기반으로 수요자 촬영 주문을 반영하지 않고 장기적으로 위성영상 취득을 위한 계획을 수립

<그림 5-16> 국토관측위성 1기 운영 시 한반도 촬영 시뮬레이션 결과



자료: 저자작성

□ 국토관측위성의 월간/주간 운영 계획

- 연간/분기 촬영 계획에 따라 선정된 촬영 예정지역에 대한 날씨 정보를 반영하여 최대한 활용 할 수 있는 위성영상을 확보할 수 있도록 촬영 계획 수립
- 월간/주간 촬영계획은 실질적인 위성정보를 취득하기 위한 촬영계획으로 최소 주단위 계획을 중심을 한반도 영상취득 계획을 수립
- 촬영계획 반영은 촬영 전일까지 수립하여 항우연 전송을 통해 촬영을 수행할 수 있으나 일간계획은 긴급촬영, 기상이변 등 예외적인 상황이 아닌 경우 주간계획에 의거 촬영 수행
- 월간/주간계획에 의해 변경된 촬영 계획에 대해서는 연간/분기 촬영 계획에 변경 내역을 반영 하여 반드시 미촬영된 지역에 대한 촬영 계획을 추가
- 기본적으로 촬영지역은 1궤도에서 촬영할 수 있는 최대 면적을 촬영대상으로 설정

(2) 국토관측위성 촬영 방식

□ 국토관측위성 1호 운영 시 국토영상정보 제공을 위해서 한반도 최신의 위성영상을 제공을 위해서 운영을 하여야 함

- 따라서 국토관측위성의 촬영방식은 최대한의 위성영상을 취득할 수 있는 촬영모드로 운영되어야 하며 이는 앞서 언급된 Strip 모드에 해당
- Strip 모드로 촬영할 수 있는 면적은 항우연에서 제시한 한반도 촬영 예상 시간 약 100초를 고려 시 9,120km²를 촬영
- 해당 촬영면적은 단영상 취득을 위한 촬영 면적으로 최단시간, 최대면적을 촬영하기 위해서 스테레오 입체 촬영은 2호기 운영 전까지 최대한 수행하지 않으며 한반도 영상취득을 중심으로 촬영 운영

(3) 국토관측위성 긴급 촬영 운영

□ 국내외적으로 발생하는 자연재해, 안보, 이슈사항 등에 대한 촬영계획을 일간촬영계획으로 수립 하고 해당지역에 대한 촬영 수행

- 긴급촬영요청에 대한 긴급성, 필요성 등을 검토하여 해당지역에 대한 촬영 궤도 분석 및 촬영 계획을 수립하고 항우연에 긴급 촬영 계획 요청
- 긴급촬영 대상지역은 대규모 면적이 아닌 주간촬영계획대비 지엽적이므로 촬영모드는 Spot 모드를 활용
- 국토관측위성을 1, 2호 기 운영 시 긴급촬영지역을 촬영시각을 고려하여 두 위성 중 1기만을 촬영에 활용
- 국외지역의 경우 수신 후 보안처리 없이 바로 배포를 수행하고 국내의 경우 보안지역 검토를 수행 후 0.5m급 영상정보 제공 또는 저해상도 변환 후 보안처리 및 좌표가 없는 영상 배포

나) 위성영상시스템의 안정화 및 운영 절차 수립

(1) 위성영상시스템 안정화 필요성

- 위성영상시스템의 개발 완료는 '20년 말까지 이며 국토관측위성의 발사는 '21년 중후반으로 예상됨에 따라 위성영상시스템 개발기간 중 위성정보 수산·생산·처리·배포에 대한 시스템 운영이 불가능
 - 위성영상시스템의 안정적 운영을 위해서는 IOT 기간에 실제 활용위성의 위성정보를 처리하면서 발생하는 오류를 검토하고 시스템 보완 필요
 - 국토관측위성에 대한 위성정보가 없는 상황에서 가상 시험만을 수행하면 예상치 못한 다양한 운영상의 문제점 발생

(2) 위성영상시스템 대응방안

- 국내 위성센터 중 유사한 위성영상시스템의 안정화를 수행한 위성센터와의 연계를 통해 실 위성 발사 후 발생한 문제점, 검토 사항 등을 조사
 - 국토관측위성과 동일계열의 다목적 실용 위성을 운영하는 항우연의 국가위성정보 활용지원센터와의 연계를 통해 해당기관의 경험과 고려 사항을 검토
 - 최근 위성 발사 후 IOT를 수행하고 경험한 국가기상위성센터 및 해양위성센터의 천리안 2A, B에 대한 지상국 시스템의 운영 시 발생한 문제점, 고려사항 등에 대한 협력관계 수립
 - 차후 독립적인 위성운영을 고려하여 IOT 기간 중 위성정보의 보정, 검토, 운영에 대한 사전 정보를 수집하고 국토관측위성 2호 발사 후 검증 및 보완
- 현 위성영상시스템은 KOMPSAT-3, 3A 위성영상 정보를 가상 데이터로 활용하여 시스템 테스트를 수행하고 있음
 - 위성영상시스템의 외부기관(항우연) 연계 시험, 시스템의 위성정보 처리, 생산에 대한 시험을 시스템 개발 및 통합이 완료된 후 항우연, R&D 사업단과 협의 통해 KOMPSAT-3 위성정보를 통해서 국토위성센터의 위성영상시스템 시범운영 계획 수립
 - 국토관측위성의 발사 지연으로 시스템에 대한 종합적인 최종 시험이 어려운 상황에서 시스템 개발 참여 기관과의 시험 운영 회의를 통해 KOMPSAT-3 위성정보를 통한 시험운영 가능성, 일정, 지원 여부 등을 협의
- 추후 국토관측위성 1호의 IOT 기간에 KOMPSAT-3A 위성정보를 활용한 시험운영 결과를 기반으로 국토관측위성의 실제 위성정보 수신, 처리, 생산에 대한 검증 수행
 - KOMPSAT-3A 위성과 국토관측위성간의 위성정보에 차이가 있어 실 위성정보를 통한 위성영상시스템 검증이 필요

- 시스템적으로 KOMPSAT-3A를 활용해 개발되어짐에 따라 국토관측위성정보를 처리 시 오류 발생가능성이 존재
- 다만 사전에 KOMPSAT-3A 위성정보를 통한 시험 운영을 수행할 경우 운영 절차, 시스템 통합 오류, 시스템 개선사항 등에 대한 사전 정보를 취득하여 IOT 기간 동안의 시행착오를 감소

다) 위성영상 산출물의 품질관리를 위한 검증 체계 연구

□ 현 위성정보를 활용하는 위성센터는 각 기관에서 활용하는 위성정보에 대한 검보정 체계를 구축하여 지속적인 위성정보 검증하여 사용자에게 제공

- 국가기상센터는 매월 천리안위성에 대한 방사 및 위치 보정 검증을 수행하여 천리안 위성 정보의 품질을 제시하고 있으며, 해양위성센터는 타 해외 위성정보와의 비교, 해양 조사를 통한 위성정보 검증 등을 수행하고 있음
- 국가위성정보 활용지원센터는 다목적실용위성들에 대한 검보정을 체계를 구축하고 몽골에 검증 사이트를 구축하여 위성정보에 대한 검보정 체계를 구축하고 있으나 민간이나 외부에 제공하지는 않음

□ 향후 국토위성센터에서 국토관측위성의 정보를 배포 시 위성정보에 대한 검보정을 수행하여 지속적인 위성정보 품질을 유지하는 방안 모색 필요

- 현 국가위성정보 활용지원센터의 검보정 방안에 대한 노하우 습득이 최상의 조건이나 항우연 보안체계 및 기술유출의 사유로 어려움
- 국토지리정보원 내에서 항공사진 카메라 검보정 규정 및 사이트를 구축하여 운영하고자 하고 있으며, 이를 개선 확대하고 위성영상에 대한 검보정체계 및 방안 연구하여 국토관측위성만을 위한 검보정 체계 구축

□ 국토지리정보원에서 구축하고 있는 항공사진 광학센서 캘리브레이션 검정장의 개요

- 국토지리정보원은 캘리브레이션 검정장을 구축해 항공사진 촬영 전용 디지털카메라에 대한 Boresight, 공간해상도 및 방사해상도 검정을 목적으로 기준점 측량 및 분석도형이 상시 설치된 사이트 운영
- 현재 캘리브레이션 검정장은 충남 천안시로 선정되어 있으며 분석도구 설치를 위한 공간 확보 여부(폭 5m, 길이 10m), 입·출입 통제 여부, 상시 설치 가능 여부 등 고려하여 천안시청을 분석도형 설치 대상지로 예정하고 협의를 통해 시설물의 설치 추진
- 항공사진용 분석도형은 항공사진 디지털카메라를 대상으로 하기 때문에 공간해상도 및 방사 특성이 차이나는 국토관측위성과 동시 사용을 위해 분석도형에 대한 연구 및 타 기관의 협력을 통해서 항공사진 사이트의 운영에 반영이 요구됨

- 국토관측위성의 발사 후 천안시의 검보정 지역을 촬영 시 해당 검정장의 분석도구를 통해 위성 정보의 공간해상도, 방사해상도 등에 대한 검정값을 산출하고 산출된 검정값을 바탕으로 보정값을 도출할 수 있도록 위성정보 검보정 체계 및 시스템 구축 방안 모색

<그림 5-17> 항공사진 캘리브레이션 검정장 및 분석도형 예시



출처 : 국토지리정보원

라) 위성영상 활성화를 위한 다중영상 모자이크 시범사업 추진

□ 현 영상지도 제공 서비스는 항공사진 정사영상을 활용한 남한을 중심으로 하여 제공되고 있어 1년 전의 영상정보를 서비스하고 있으며, 북한은 접근이 불가능하여 07~09년에 제작된 저해상도의 위성영상 정보를 기반으로 하여 구축

- 항공사진의 촬영주기는 현재까지 2년 주기로 촬영이 이루어지고 있어 실제 서비스되는 영상지도는 더욱 과거의 정보임
- 국토관측위성의 위성정보를 활용하면 최신의 영상정보를 제공할 수 있는 기반을 마련할 수 있으며 이를 통해 한반도 전역에 대한 균일한 공간정보를 제공

- 다만 국토관측위성의 위성정보만을 활용하여 한반도 전역에 대한 영상지도를 구축하는 것을 날씨에 좌우되는 위성촬영율로 인해 상당한 시간이 소요
- 따라서 매해 제작되는 항공정사영상, 기 구축된 북한지역 정사영상 등을 활용하여 한반도 전역에 대한 통판 영상지도를 구축하고 이를 기반을 취득되는 국토관측위성의 위성영상을 융합하는 다중영상 모자이크에 대한 연구가 필요
- 본 연구에서 다중영상 모자이크 제작에 대한 시험을 수행하였으나, 한반도 전역에 대한 구축 및 문제점 해결을 위한 기준, 한반도 영상지도의 갱신 및 활용성을 증대하기 위한 최적의 타일링 면적 등에 대한 연구가 요구 된다.

□ 다중영상 모자이크 시험 결과

- 한반도 정사영상 통합 플랫폼 구축을 위해 위성영상, 항공사진 간에 상호 보완을 위한 다중영상 모자이크 구현은 기술적으로 문제가 없음.
- 극명한 계절적 차이로 인한 접합선 간의 자연스러운 처리와 격자 관리 체계인 2km × 2km 격자를 활용한 군단위 이상의 수정 및 영상 업데이트 방안에 관한 추가 연구 필요.

마) 위성영상시스템의 유지 보수 및 갱신

- 공공 클라우드의 적용은 향후 위성영상 저장 공간의 확장을 고민할 필요 없이 늘어나는 용량만큼의 데이터 공간을 추가로 구매하여 활용할 수 있고 저장 시스템의 서버 유지보수 및 업그레이드에 대해 고민을 할 필요가 없다는 장점이 있음
- 현재 다양한 공공기관에서 보안에 관련된 공식적인 인증을 거친 민간에서 제공하고 있는 클라우드 서비스를 이용하고 있어 국토위성센터에서 활용에는 문제가 없을 것으로 보임
- 그러나, 보안자료를 처리하는 위성센터는 공공 클라우드를 적용하기 위해서는 보안처리 문제와 공공기관 간 연결망에 대한 검토가 선행되어야 함.
- 위성영상의 클라우드 저장, 활용 등에 관한 수요 증대는 급격히 증가하는 추세로 국토위성을 기계학습, AI 등에 활용하기 위해서는 국토위성센터도 클라우드 서비스에 대한 중·장기적인 활용 및 발전 방향에 관한 연구가 필요하며 구글어스 엔진 클라우드에 대한 벤치마크가 필요.

다. 국토위성센터 운영규정(안)

- 국토위성센터의 운영규정(안) 제시는 국토위성정보 수집 및 활용기술 개발 3세부 4과제에서 2차년도에 도출하여 제시하여 본 연구에서는 해당 운영규정(안)을 검토하고 부록으로 제시

참고문헌

- 교육과학기술부 (2011), 인도/중국 우주개발동향과 양국 간 협력방안 연구
- 기상청 (2015.7), 감사결과보고서-국가기상위성센터
- 국토연구원 (2015), 국토관측 위성정보 활용기술 센터 설립 기반 연구
- 국립환경과학원. (2015). 국가환경위성센터 효율적 관리방안
- 이준 외 (2017), 2016년 세계 정부 우주개발의 국가별분야별 동향 분석, 항공우주산업기술동향, 15(2)
- 명환춘 (2018), 중국의 지구관측 위성 개발 현황, 항공우주산업기술동향, 16(1)
- 국립해양조사원 (2019), 국가해양위성센터 설립 기본계획(안).
- 한국임업진흥원 (2019), 국가산림위성센터 건립·운영에 관한 기술 분석
- 국토지리정보원 (2019), 국토위성센터 중장기 발전 로드맵(안)
- 국토지리정보원 (2017) 국토위성정보 활용을 위한 주요활용 응용기술 개발 보고서
- 국가기상위성센터. nmsc.kma.go.kr/html/homepage/ko/main.do (access December 30, 2019)
- Digital Globe. 2010. Specifications for Customer-provided Support Data.
- ESA and World Bank. 2013. Earth Observation for Sustainable Development
- (日)일반재단법인 리모트센싱기술센터(RESTEC). www.restec.or.jp/ (access December 30, 2019)
- (日)일반재단법인 위성측위이용추진센터(SPAC), (www.eiseisokui.or.jp/en/about/greeting.php) (access December 30, 2019)
- (日)지바대학교 환경리모트센싱연구센터(CEReS), www.cr.chiba-u.jp/english/
- NASA. www.nasa.gov/ (access November 13, 2019)
- NASA Goddard Space Flight Center, www.nasa.gov/centers/goddard/home/#.VPzw6fmsUYM (access December 30, 2014)
- The University of Melbourne, Centre for Spatial Data Infrastructures & LandAdministration, www.csdila.unimelb.edu.au/ (access December 30, 2019)
- University of Maryland, Global Land Cover Facility, glcf.umd.edu/ (access December 30, 2019)
- USGS. www.usgs.gov/ (access February11, 2019)

USGS EarthExplore, earthexplorer.usgs.gov/ (access February 22, 2019)

USGS EROS, remotesensing.usgs.gov/gallery (access February 24, 2019)

Théau J. (2008) Change Detection : Shekhar S., Xiong H. (eds) Encyclopedia of GIS, Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-35973-1_129

Humboldt State University, <http://gis.humboldt.edu/>

부록

부록 1

국토위성센터 운영규정(안)

제1장 총칙

제1조 (목적) 이 규정은 국토위성에서 취득한 정보를 체계적으로 수집·생산·관리·공급하고 국토의 이용·관리 업무를 효율적으로 지원하기 위한 국토위성센터(이하 "센터"라 한다)의 설치·운영에 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.³⁵⁾

제2조 (정의) 이 규정에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “국토위성”이란 국토·자원 관리, 재해·재난 대응 등 다양한 공공부문 수요에 효율적 대응 및 국토 관리 서비스에 활용하며, 국가 위성정보의 통합 관리·활용 촉진을 도모하기 위한 인공위성을 말한다.³⁶⁾
2. “위성정보”란 국토위성을 이용하여 획득한 영상·데이터 또는 이들의 조합으로 처리된 정보(그것을 가공·활용한 것을 포함한다)를 말한다.
3. “운영업무”란 국토위성을 이용하여 위성정보를 획득하고, 그 결과의 배포와 활용에 필요한 업무를 말하며, 이를 달성하기 위해 필요한 지상의 인적, 물적 자원을 관리하는 업무를 포함한다.
6. “관제”란 국토위성의 운영에 필요한 궤도 조정, 촬영과 위성자료의 지상전송 등을 관리하는 일을 말한다.
9. “원시정보”란 국토위성에서 생산된 정보와 이 정보를 복사보정과 기하보정 등을 통해 전처리한 정보를 말한다.
10. “표준정보”란 위성자료의 배포를 위한 목적으로 지속적인 검정·보정을 통하여 센터에서 생산한 위성정보를 말한다.

제3조 (적용범위) 센터의 설치 및 운영에 관하여 다른 훈령에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 이 규정이 정하는 바에 따른다.

제2장 운영관리 조직

35) 지리원은 국토부 내 동 위성의 주 운영기관으로 국토부 소속·산하기관의 업무 지원 및 각종 공간정보 구축 등 국토관측 위성의 효율적 활용을 위해, 동 위성에서 취득한 정보를 체계적으로 수집·생산·관리·공급하여 해당 업무를 효율적으로 지원하는 위성정보 활용센터 구축을 추진 (국토교통과학기술진흥원, 2018.5.3., 2018년 위성정보 활용센터 설립운영 사업 시행 공고 안내서, p. 31 참조)

36) 차세대 중형위성 위성정보 활용 방향 : 국토·자원 관리, 재해·재난 대응 등 다양한 공공부문 수요에 효율적 대응 및 국토 관리 서비스에 활용하며, 국가 위성정보의 통합 관리·활용 촉진 도모 (미래창조과학부, 2014.12.29., 「차세대중형위성 1단계 개발사업 계획(안)」 요약 참조)

제4조(운영관리 책임자 등) 국토지리정보원장(이하 "원장"이라 한다)은 효율적인 센터 운영을 위하여 운영관리 책임자(이하 "센터장"이라 한다)을 임명할 수 있다.

제5조 (운영관리 업무) 센터는 다음의 각 호의 업무를 수행하여야 한다.

1. 국토위성 관측계획 수립 및 관리
2. 원시정보의 수신, 전처리 및 처리
3. 지속적인 원시정보 검·보정을 통한 표준정보의 생산
4. 위성정보의 저장, 관리, 배포 및 활용
5. 위성정보 활용 촉진을 위한 사용자 교육, 기술 지원 등 국내·외 협력
6. 국토위성의 운영 및 위성정보 활용 효율화를 위한 연구, 홍보, 국제협력 등
7. 국토위성 관제 기관과의 업무 협조 등
8. 운영업무에 필요한 인력 및 시설 관리
9. 그 밖에 운영업무를 위한 사항 등

제6조(운영계획 수립 및 보고) 센터장은 매년 11월 말까지 다음 연도의 센터 운영계획을 수립하여 원장에게 제출하여야 한다.

제3장 관리 및 운영

제7조 (센터 운영 원칙) 센터장은 국토위성이 목적에 적합하게 운영되고 센터 업무가 효율적으로 수행되도록 노력해야 한다.

제8조 (위성정보 활용 원칙) ① 센터장은 위성정보의 활용도를 향상시키고 부가가치를 높이기 위한 방안을 마련하기 위해 노력하여야 한다.

② 센터장은 「국가공간정보 기본법」 제3조 제1항의 규정에 따라 국민이 위성정보에 쉽게 접근하여 활용할 수 있도록 체계적으로 위성정보를 생산 및 관리하고 공개함으로써 국민의 공간정보복지를 증진시킬 수 있도록 노력하여야 한다.

③ 센터장은 「공간정보산업 진흥법」 제2조의2의 규정에 따라 위성정보가 공간정보산업 발전에 기여할 수 있는 방안을 마련하기 위해 노력해야 한다.

제9조 (연구 및 교육) ① 센터장은 센터 근무자의 연구 성과 교류 및 관련저변 기술의 확대, 장비 운영능력 배양을 위하여 국내·외 관련 학회, 국제기구 회의, 기술 교육, 세미나, 기타 연구 활동에 참여를 장려하여야 한다.

② 센터장은 국토위성 운용 및 운용기술 향상, 위성정보 활용도 제고 등을 위한 연구개발사업을 추진하는 경우, 연구개발의 효율성을 높이기 위하여 국제 공동연구, 외국과의 인력교류, 국제학술활동 등 국제적 연계·협력을 장려하여야 한다.

③ 센터장 및 센터 근무자는 각종 안전 교육, 직무 관련 교육 등에 참석한다.

제10조 (유지보수 등) ① 센터장은 담당자를 정해 센터에서 운용하는 각종 설비를 주기적으로 유지보수해야 한다.

② 센터장은 담당자를 정해 센터에서 운용하는 주요 시스템에 대하여 일상적인 점검을 실시해야 한다.

③ 센터장은 제1항의 유지보수와 제2항의 일상점검을 위해 별도의 지침을 정하여 시행할 수 있다.

제4장 위성정보 배포

제11조 (저작권) ① 센터에서 생산한 위성정보는 「저작권법」에 따라 보호받는 저작물로서 국토지리정보원에 저작권이 있다.

② 저작물로서의 위성정보의 보호, 이용, 배포 등 저작권 관련 사항은 「저작권법」, 「국토지리정보원 공간정보 제공에 관한 규정」 및 관련 법령의 규정에 따른다.

제12조 (위성정보의 배포) ① 센터는 위성정보 배포를 위한 표준정보를 생산하고 배포한다.

② 위성정보의 배포는 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」(이하 “법률”이라 한다)과 「국토지리정보원 공간정보 제공에 관한 규정」 및 관련 법령의 규정에 따른다. 이때 위성정보는 법률 제15조 제1항의 “지도 등”으로 본다.

③ 원장은 법률이 정하는 범위 안에서 위성정보의 배포에 대한 세부사항을 따로 정하여 시행할 수 있다.

제13조(위성정보 사용료) ① 위성정보의 사용료는 법률 제15조제6항의 규정과 하위 규정³⁷⁾에 따른다.

② 제1항의 규정을 적용할 때 위성정보는 영상정보의 일종으로 본다.

제5장 보칙

제14조(비밀유지 의무 등) ① 운영업무 또는 관제 업무에 참여하는 자(연구 및 자문 등 업무내용을 알 수 있는 자를 포함한다)는 업무 수행과 관련하여 알게 된 비밀을 누설하거나 유출하여서는 아니 된다.

② 센터에서 배포한 위성정보를 사용하는 자는 「국토교통부 국가공간정보 보안관리규정」을 의무적으로 준수하여야 한다.

제15조(보안) ① 센터장은 운영업무 수행과정에서 주요정보 및 운영업무 결과 등이 무단으로 유출되지 않도록 보안대책을 수립·시행해야 한다.

② 제1항 이외에 보안과 관련한 사항에 대해서는 「국가연구개발사업 공통 보안관리규칙」에 따른다.

제16조(재검토기한) 국토지리정보원장은 「행정규제기본법」 및 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 규정에 대하여 2019년 10월 1일을 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 9월 30일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

37) 국토지리정보원 공간정보 제공에 관한 규정 [시행 2018. 10. 22.] [국토지리정보원고시 제2018-3638호, 2018. 10. 22., 일부개정]

주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토교통부 국토지리정보원의 수탁을 받아 국토연구원에서 수행한 보고서입니다.
2. 본 내용을 대외적으로 게재, 인용할 때에는 반드시 국토교통부 국토지리정보원의 사전 허락을 받기 바라며, 무단 복제는 절대 금합니다.

국가기본도 서비스 혁신을 위한 국토위성센터 운영 및 중장기 발전전략 수립 연구

인쇄·2020년 9월

발행·2020년 9월

발행자·사공호상

발행처·국토교통부 국토지리정보원

주소·경기도 수원시 영통구 월드컵로 92(원천동)

전화·031-210-2700

FAX·031-210-2644