

발 간 등 록 번 호

11-1613436-000271-01

국가기본도 활용을 위한
사용자 친화형 영상 제품
구축 기획연구

제 출 문

국토지리정보원장 귀하

본 보고서를 「국가기본도 활용을 위한 사용자 친화형 영상 제품 구축 기획연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 7

(주)쓰리디랩스 권소시엄

참여연구진

김태정	(주)쓰리디랩스	연구책임자
김수현	(주)쓰리디랩스	연구원
정성우	(주)쓰리디랩스	연구원
황윤혁	(주)쓰리디랩스	연구원
예철수	대한원격탐사학회	국제협력이사
한유경	대한원격탐사학회	회 원

자문위원

구대성	(주)공간정보기술	이 사
김선화	(주)UST21	책임연구원
김원국	부산대학교	교 수
박상은	세종대학교	교 수
안호용	국립농업과학원	연구사
임중빈	국립산림과학원	연구사
정재훈	국립환경과학원	연구관

국토지리정보원

김혜원	국토위성센터	센터장
양효진	국토위성센터	연구관
홍단비	국토위성센터	연구사

국토위성센터 ARD 정의 수립

국토위성센터는 2021년 10월 국토위성정보 운영을 앞두고, 위성정보의 사용 편의성과 상호 운용성의 어려움을 해결하고자 사용자 친화형 영상 제품 구축을 기획하였다. 사용자 친화형 영상 제품을 제공하는 방법으로 최근 위성영상의 상호운용성 및 활용성 향상을 위해 국제적인 표준 규격으로 제시되고 있는 분석준비자료(Analysis Ready data, ARD)를 사용하고자 한다. 분석준비자료(이하 ARD)는 사용자가 최소한의 노력으로 위성영상 기반의 자료 분석 및 활용이 가능하도록 전처리 과정을 거쳐, 타 자료와 상호운영될 수 있는 형태로 가공된 자료를 의미한다. ARD 국제 표준화를 선도하는 지구관측위성위원회(Committee on Earth Observation Satellites, CEOS)의 ARD 정의(CEOS ARD for Land, CARD4L)가 중해상도 위성 중심인 것을 고려하여 고해상도 위성인 국토위성에 적합한 ARD 정의를 수립할 필요가 있다. 국토위성센터 ARD 정의를 수립하기 위해 국토위성센터의 제반 환경 및 CARD4L을 분석하고, 이를 바탕으로 국토위성센터 ARD에 적합한 공간적 범위, 좌표계, 격자체계, 데이터 종류 및 포맷, 산출물 레벨 및 품질 사양 등을 정의하고 국토위성센터 ARD의 선언적 정의를 도출했다. 향후 국토위성센터 ARD가 서비스 되면 고해상도 위성영상에 대해 즉시 활용 가능한 산출물 제공, 사용자 편의 확대, 타 공간정보와의 상호운용성 확보를 기대할 수 있다.

국토위성센터 ARD 구축의 강점 및 차별성 분석

국토위성센터 ARD 구축의 강점 및 차별성 분석을 위해 국토지리정보원 기 보유 공간정보 데이터를 분석하고 이를 바탕으로 국토위성센터 ARD 구축 방안을 마련하였다. 나아가 국토위성센터 ARD와 기 보유 공간정보 연계 방안을 도출하였다. 수치지형도에서 제공되는 건물, 도로, 철도 등의 데이터는 픽셀단위정보 데이터 생산을 위한 보조데이터로 유용하게 활용 가능하며, 주차장 등과 같이 시간이 지나도 반사값이 변하지 않는 지역은 대리보정 기반의 복사보정을 위한 데이터로 활용 가능하다. 국토위성센터 ARD를 기반으로 DEM(Digital Elevation Model), DSM(Digital Surface Model), nDSM(Normalized DSM) 등의 3차원 시계열 데이터 및 식생지수영상 등 Level 3 산출물을 생산할 수 있다. 나아가 지리원 기 보유 공간정보, 타기관 기 보유 공간정보 등 활용가능한 데이터들의 연계를 통해 사용자의 활용목적에 부합하는 다양한 Level 4 융복합 활용산출물을 생산할 수 있다. 이를 통해 위성정보 활용을 위한 데이터 접근 시간 및 비용을 단축할 수 있으며 다른 자료와의 상호 운용성이 확보됨에 따라 다양한 응용분야에서의 활용성 확대를 기대할 수 있다.

Ⅰ 요약 Ⅰ

국토위성센터 ARD 구축 시사점 도출

국토위성센터 ARD 구축의 시사점을 도출하기 위해 국내외 ARD 구축 사례 분석과 함께 국내외 ARD 활용 예시, ARD 예상 수요자 분석을 수행하였다. 위성 관련 국내외 기관들은 전반적으로 ARD의 활용적 가치를 인지하고 있으며, USGS의 Landsat과 ESA의 Sentinel은 무료로 ARD를 제공하고 있으며, Planet과 MAXAR에서는 고해상도 위성영상 기반 ARD를 유료로 제공하고 있다. ARD 활용 분야 중에 공통적으로 언급하고 있는 사례는 AI 훈련자료 구축에의 활용이며, 전통적인 위성영상 수요자에게는 농업, 해양 등 지속적으로 수행하던 연구에 대한 신뢰도 향상이 기대된다. 또한 ARD 구축을 통해 교통량 예측, 공장 출하량 예측, 경쟁사 분석, 재정 서비스, 제조업 등 새로운 시장이 형성될 것으로 기대하고 있다. ARD를 지구 전지역에 대해 무료로 제공할 경우 일반 사용자를 포함하여 보다 넓은 범위의 수요자를 보유할 수 있을 것으로 예상되며, 유료 및 제한된 지역에 대해 제공할수록 사용 수요자는 제한될 것으로 예측하였다.

국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵 수립

국토위성센터 ARD 구축의 중장기 추진 방향의 수립을 위해 소요기술 대비 국내 개발 현황 분석을 실시하고, 국내 위성정보분야 전문가로 구성된 자문위원회의 전문가 의견을 활용하여 기초기술개발 우선순위를 도출한 다음, 이를 바탕으로 국토위성센터 현황에 적합한 ARD 구축 추진전략을 수립했다.

국내외 ARD 구축 사례 분석 내용과 국토위성센터 제반환경 분석을 통해 국토위성센터 ARD 구축을 위한 소요기술로 기하/정사보정, 복사/대기보정, 픽셀단위정보 탐지 기술을 식별했다. 식별된 소요기술 항목별 국내 개발 현황 분석결과, 기하/정사보정 기술의 경우 고도화가 필요한 단계였고, 복사보정 기술은 지속적 갱신을 위한 추진체계와 소요예산 확보 등의 해결이 필요한 상태였으며, 대기보정 기술의 경우 추가 확보가 필요한 것으로 판단했다. 또한 픽셀단위정보 탐지 기술의 경우 유관 기관과의 협업을 통한 기술 보완이 필요한 것으로 분석됐다. 국토위성용 대기보정 기술 개발의 경우 국내에 관련 개발 경험이 다수 존재하기 때문에 프로세스 및 SW 개발에 큰 어려움이 없을 것으로 예상되며, 국토위성 대기보정 정확도 향상을 위한 보조자료 수집, 지상관측자료 확보 방안에 대해 관련 기관과의 긴밀한 협업체계를 구축하여 중장기적으로 추진해야 될 것으로 판단된다.

환경분석을 통해 국토위성 2호기 발사 이전이 국토위성센터 ARD의 개발 적기라고 판단했고, 2023년 한반도지역 ARD 서비스를 목표로 ARD 구축의 추진 전략을 다음과 같이 수립했다. 전략1) 신속추진을 통한 ARD 개발 동력 확보, 전략2) 후속위성 추진의 당위성 확보, 전략3) 국토위성센터의 위상 강화. 추진전략을 바탕으로 국토위성센터 ARD 구축의 비전과 목표를 도출하고, ARD 구축을 위한 국토위성센터 핵심요소별 연구개발의 추진방향을 수립했다.

2021년 말부터 예정되는 국토위성의 본격적인 운영과 활용을 고려하여 국토위성센터 ARD 구

축 사업의 추진목표를 3개 분야(기초기술, 활용활성화, 융복합기술)로 구분하여 도출했다. 서비스 준비 단계(2021~22년)에는 대기보정 기술 및 ARD 산출물 생성 SW 개발과 활용 활성화 방안을 마련하여 한반도 지역 ARD 서비스 준비를 마친다. 서비스 고도화 단계(2023~24년)에는 기초기술의 고도화를 통해 ARD 산출물의 품질을 향상시키고, 국내외 협업체계를 구축하여 국토위성센터 ARD의 활용 활성화를 도모한다. 또한 타위성영상과 항공영상의 융복합 ARD 플랫폼을 구축하여, 위성영상과 항공영상의 강점이 모두 반영된 융복합 ARD 서비스를 준비한다. 추진목표를 달성하기 위해 필요한 중점과제를 도출하고 과제간의 연계성을 고려하여 최종적으로 국토위성센터 ARD 구축 로드맵을 수립했다.

국토위성센터 ARD 구축의 기대효과로는, 경제적으로 사용자의 위성영상 전처리 비용이 대폭 절감되고, 지속가능한 국토환경 및 기후변화 모니터링이 가능해져서 관련 산업의 미래성장 기반을 마련할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 규격화되고 검증된 데이터를 제공하여 국토위성센터의 국가기본데이터 제공자로서의 사회적 위상이 높아지고, 국토위성정보 및 국가기본공간정보의 활용성을 극대화 할 것으로 기대된다.

ARD 기초기술 개발 로드맵 수립

ARD 구축 사례 분석을 통해 식별된 기초기술 항목인 기하보정, 정사보정, 대기보정, BRDF보정(Bidirectional Reflectance Distribution Function), 픽셀단위정보 탐지 기술의 개발 현황 및 발전전망에 대해 분석했다. 국내 기하·정사보정 기술의 경우 정밀 기하보정을 통해 정밀정사영상을 자동으로 생성하는 시스템의 개발 및 국산화가 성공적으로 이뤄진 수준이었고, 대기보정 기술의 경우 중저해상도 위성영상의 대기보정 SW 개발 경험이 축적된 상태에 고해상도 위성영상에 대한 대기보정 연구가 진행 중인 상태이며, BRDF보정 기술과 픽셀단위정보 탐지 기술은 아직 연구개발 초기 단계로 파악됐다.

국내외 ARD 기초기술 개발 현황 분석결과를 참고하여 개발필요 소요기술을 크게 표면반사율 영상 생성 기술과 픽셀단위정보 생성 기술로 분류했다. 표면반사율영상 생성 기술군에서는 기하·정사보정, 복사·대기보정이 핵심 기술로 파악됐으며, 픽셀단위정보 생성 기술군에서는 구름, 구름 그림자, 수계, 지형그림자 등과 같은 픽셀 속성을 탐지하는 기법이 핵심 기술로 파악됐다. 국토위성의 사양 및 국토위성센터의 제반환경을 고려한 기초기술 개발 로드맵을 수립해야하기 때문에, 분야별 전문가로 구성된 자문위원회의 의견을 수렴하여 기초기술 개발의 우선순위를 선정했다. 결과적으로 현재 국토위성센터에서 보유하고 있지 않지만 핵심 기술로 분류된 복사·대기보정 기술 개발을 최우선순위로 선정했고, 픽셀단위정보 중 탐지 가능성이 높다고 판단되는 구름, 지형그림자 탐지 기술의 개발을 병행해야 한다고 판단했다.

기초기술별로 필요한 연구과제를 발굴하고, 연계성 및 개발 시급성 등을 고려하여 연차별 기술 개발 로드맵을 수립했다. 수립된 기초기술 개발 로드맵은 ARD 구축 중장기 추진방향 수립에

Ⅰ 요약 Ⅰ

반영된다. 후속 사업의 추진을 위해 본 과업을 통해 발굴된 연구과제에 대한 제안요구서를 작성했다. 국토위성센터 ARD 산출물 생성을 위한 기초기술 개발 관련 과제 1건, ARD 산출물 생성 SW 개발 과제 1건, 기초기술 고도화를 위한 연구 관련 과제 1건으로 총 3건의 제안요구서를 작성했다.

국내외 협업체계 구축 및 활용 활성화 방안 수립

ARD 구축 및 활용 협업을 위한 국내외 협업체계 구축을 위해 먼저 위성 정보 접근성 및 활용의 애로사항을 문헌 조사를 통해 분석하고 국내외 산학연기관 현황을 분석하였다. ARD 활용을 위한 협업 요소를 ARD 기초기술개발, ARD 분석 및 활용, ARD 활용 활성화의 3개 영역별로 파악하였으며 ARD 활용 분야별 사용자그룹의 의견 조화를 위한 설문조사 내용에 이를 반영하였다. ARD 활용 분야별 사용자그룹 설문조사 결과, 국토위성센터 ARD 표면 반사율 정보를 포함하여 대부분의 정보가 높은 응답 비율로 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것으로 파악되었다. 국토위성센터 ARD 활용 활성화와 관련하여 우선적으로 추진해야 할 사항에 대해서는 영상 품질(정확도)의 제고를, 향후 국토위성센터 ARD 구축 및 활용과 관련하여 관심이 있거나 참여를 희망하는 사항에 대해서는 국토위성센터 ARD 활용 그룹 참여 및 활동이 가장 높은 응답 비율을 보였다. ARD 활용 분야별 사용자그룹 설문조사 결과를 반영한 국토위성센터 ARD 활용 활성화 방안으로 첫째, 국토위성센터 ARD 활용 사용자그룹을 구성하여 ARD 분석 및 활용 분야의 다양한 산학연 관계자들이 소통하고 협력하는 장의 구축이 필요하다. 둘째, 다양한 산학연 관계자들이 참여하는 국토위성센터 ARD 활용 정기 워크숍의 개최를 통하여 ARD 활용의 성과를 공유하고 이를 다양한 활용 분야와의 연계 활동이 필요하다. 셋째, ARD 활용 확대를 위한 경진대회/공모전/학술활동 등을 통하여 ARD 활용 저변을 확대하고 국토 위성 ARD를 다양한 사회 문제 해결에 활용하는 기회 제공이 필요하다.

주요지형별 ARD 제품 샘플 제작

국토위성센터 ARD 정의에 대한 내용의 적정성을 검증하기위해 국토위성 사양과 유사한 국내 고해상도 위성영상을 이용하여 ARD 산출물 샘플 제작을 수행했다. 오픈소스 및 상용 SW를 이용하여 국토위성센터 ARD의 주요 산출물인 표면반사율영상과 픽셀단위정보(일부)를 제작하고, ARD 정의를 만족하는지 확인했다. 대기보정 처리 과정을 통해 원본영상의 DN값이 표면반사율로 변환된 결과를 확인했으며, 동일 픽셀의 여러 속성이 한 개의 파일로 합성된 픽셀단위정보 파일도 의도한대로 제작된 것을 확인했다. 특히 좌표계 관련된 정의는 국토지리정보원의 국가기본도 좌표체계가 잘 구축되어 있기 때문에, 규격화가 잘 이뤄진 것을 확인할 수 있었다.

제1장 개요	1
1. 연구배경	3
2. 연구목표	4
3. 연구범위	4
제2장 국토위성센터 ARD 구축사업 추진 방향 수립	5
1. 국토위성센터 ARD 정의	7
가. 국토위성센터 ARD 정의	7
나. 국토위성센터 ARD 산출물별 생산 가능성 분석	12
2. 국토위성센터 ARD 구축 중장기 추진방향 수립	14
가. 국토위성센터 ARD 구축의 강점 및 차별성	14
나. 국토위성센터 ARD 구축 시사점	25
다. ARD 구축 중장기 로드맵 수립	70
3. 국내외 협업체계 구축 및 활용 활성화 방안 수립	82
가. 국내외 협업체계 구축 방안	82
나. ARD 활용 활성화 방안	91
제3장 ARD 기초기술 개발 기획	113
1. ARD 기초기술 국내외 현황 및 발전전망 분석	115
가. 기하보정 기술 현황 분석	115
나. 정사보정 기술 현황 분석	128
다. 대기보정 기술 현황 분석	135
라. BRDF 기술 현황 분석	148
마. 픽셀단위정보 생성 기술 현황 분석	150
바. 기초기술별 시사점 도출	160

Ⅰ 목차 Ⅰ

2. ARD 기초기술 개발 우선순위 도출	162
가. 기초기술별 개발 우선도	162
나. 개발 우선순위 도출을 위한 전문가 자문회의 개최	164
다. 개발 우선순위에 대한 전문가 의견 결과	166
라. 국토위성센터 ARD 기초기술 개발 우선순위 도출	169
3. 기초기술 개발 로드맵	170
가. 기초기술별 핵심 추진 과제 도출	170
나. ARD 기초기술 개발 로드맵 수립 과정	170
다. 연차별 ARD 기초기술 개발·도입 로드맵	171
4. 기초기술 개발 사업 제안요구서	173
가. 사용자 친화형 영상제품 생산 기술 개발 사업 제안요구서(안) 요약	173
나. 사용자 친화형 영상제품 생산 소프트웨어 개발 사업 제안요구서(안) 요약	174
다. 국토위성센터 ARD 기초기술 고도화 사업 제안요구서(안) 요약	174
 제4장 추가제안	175
1. 주요지형별 ARD 제품 샘플제작	177
가. 연구개요	177
나. 연구내용	177
다. 결론	192
 참고문헌	193
 부록 1. 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵 추진과제 세부 내용	201
부록 2. ARD 산출물 생성 기초기술 개발 제안요구서	213
부록 3. 사용자 친화형 영상 제품 생산SW 개발 제안요구서	221
부록 4. 국토위성센터 ARD 기초기술 고도화 제안요구서	243

| 표목차 |

<표 2-1> 국토위성 1호, 2호 주요 사양 및 형상(국토교통부, 2019)	7
<표 2-2> UTM-K 좌표계 정보	9
<표 2-3> 국토위성센터 ARD 데이터 구성	10
<표 2-4> 기하·정사보정 품질 구분	11
<표 2-5> ARD 일반메타정보 산출물 생산 가능성 분석표	12
<표 2-6> ARD 픽셀단위정보 산출물 생산 가능성 분석표	13
<표 2-7> 국토지리정보원 제공 기본공간정보 목록	15
<표 2-8> 기 보유 공간정보 데이터를 활용한 국토위성센터 ARD 생성 방안 ...	17
<표 2-9> Level 3 복합 활용 산출물	21
<표 2-10> Level 4 복합 활용 산출물	22
<표 2-11> CARD4L의 최소요구사항과 목표요구사항(CEOS, 2021a)	26
<표 2-12> CARD4L 일반 메타정보 요구사항(CEOS, 2021a)	28
<표 2-13> CARD4L 픽셀 메타정보 요구사항(CEOS, 2021a)	30
<표 2-14> CARD4L 복사 및 대기보정 메타정보 요구사항(CEOS, 2021a) ..	31
<표 2-15> CARD4L 기하보정 메타정보 요구사항(CEOS, 2021a)	32
<표 2-16> 국내외 ARD 관련 세부사항	33
<표 2-17> Landsat Collection 2 향상된 데이터 목록	39
<표 2-18> Landsat ARD 투영법 매개변수(USGS, 2020a)	40
<표 2-19> Landsat ARD 격자 영역(USGS, 2020a)	41
<표 2-20> 미국 영토 별 Landsat ARD 기본 사양(USGS, 2020a)	41
<표 2-21> 제품 구성 목록(USGS, 2020a)	41
<표 2-22> SR band 사양(USGS, 2020a)	42
<표 2-23> ST intermediate band 사양(USGS, 2020a)	43
<표 2-24> QA 밴드 사양(USGS, 2020a)	43
<표 2-25> QA_PIXEL 밴드 비트 속성(USGS, 2020a)	44
<표 2-26> RADSAT QA 밴드 비트 속성(USGS, 2020a)	45
<표 2-27> SR CLOUD QA 밴드 비트 속성(USGS, 2020a)	45
<표 2-28> USGS earth explorer를 통한 데이터 획득 과정	46
<표 2-29> Landsat ARD 제품 구성 파일의 세부사항	48

| 표목차 |

<표 2-30> PIXEL QA 밴드 픽셀값 추출 결과	49
<표 2-31> PIXEL QA 밴드 픽셀 값 분석 결과	50
<표 2-32> SR CLOUD QA 밴드 픽셀값 추출 및 분석 결과	51
<표 2-33> PIXEL QA 밴드와 SR CLOUD QA 픽셀값 비교 분석	51
<표 2-34> 일반 메타데이터 항목 비교 결과	51
<표 2-35> Per-pixel 메타데이터 항목 비교 결과	52
<표 2-36> 국토위성 산출물 Level 2의 단계별 주 사용목적 및 사용자 그룹 예측 ..	65
<표 2-37> 국토위성센터 ARD 예상 활용 기관	67
<표 2-38> ARD 구축 소요기술 대비 국내개발 현황	71
<표 2-39> 국토위성 대기보정을 위한 세부항목 및 대응방안	71
<표 2-40> ARD 구축 관련 주요 자문의견 조치 현황	72
<표 2-41> 국토위성센터 ARD 구축 사업의 단계별 추진목표	77
<표 2-42> 분야별 핵심 추진과제 목록	77
<표 2-43> 추진과제별 소요 예산 목록	78
<표 2-44> 위성 정보 접근성 및 활용의 애로사항 조사 및 분석 결과	82
<표 2-45> ISRS2021 비즈니스 미팅 참석 인원 현황	91
<표 2-46> ARD 활용 활성화 설문 문항 내용 구성	93
<표 2-47> 활용 중인 위성영상의 종류와 활용 목적	99
<표 2-48> 국토위성영상 활용 확대 방안에 대한 의견	100
<표 2-49> 국토위성영상 활용 확대 방안에 대한 의견	110
<표 3-1> 국토위성영상의 처리단계별 명칭 및 주요 특징	119
<표 3-2> 위성영상 기하보정을 위한 모델 분류(Toutin, 2011)	123
<표 3-3> 기하보정 관련 국내외 기술 현황 정리	127
<표 3-4> 위성영상 별 수용 가능 SW	132
<표 3-5> 정사보정 관련 국내외 기술 현황 정리	134
<표 3-6> MAXAR에서 제공하는 절대복사보정계수 현황(2018년 기준) ..	143
<표 3-7> 대기보정 처리용 S/W 종류 및 특성	145
<표 3-8> 대기보정 관련 국내외 기술 현황	147
<표 3-9> Gao가 제안한 NDWI (왼쪽) 및 McFeeters가 제안한 NDWI (오른쪽) ..	154

| 표목차 |

<표 3-10> ARD 기초기술 개발 시 고려해야 할 시사점 분석 결과	160
<표 3-11> 기초기술별 개발 우선도	162
<표 3-12> 전문가 자문위원회 명단	164
<표 3-13> 전문가 자문회의를 통해 정리된 기초기술별 개발 우선순위 및 의견 ...	165
<표 3-14> 국토위성센터 ARD 기초기술 개발 우선순위 도출 결과	166
<표 3-15> 전문가 자문회의를 통해 정리된 기초기술별 개발 종합 우선순위 ..	169
<표 3-16> 사용자 친화형 영상제품 생산 기술개발 사업 제안요구서 요약	173
<표 3-17> 사용자 친화형 영상제품 생산 소프트웨어 개발 사업 제안요구서 요약 ..	174
<표 3-18> 국토위성센터 ARD 기초기술 고도화 사업 제안요구서 요약	174
<표 4-1> KOMPSAT-3A 원본영상 정보	178
<표 4-2> 합성비트의 비트별 속성정보	184
<표 4-3> 픽셀속성 별 합성비트의 10진값	185
<표 4-4> 표면반사율 영상 생성 결과	187
<표 4-5> 입력영상의 DN값과 표면반사율 값 비교	188
<표 4-6> 픽셀단위정보 속성값 확인	189
<표 4-7> 샘플제작 결과물의 국토위성센터 ARD 데이터 구성 만족여부 ...	191

Ⅰ 그림목차 Ⅰ

<그림 1-1> 국토위성센터 사용자 친화형 영상 제품(ARD) 구축 배경 및 연구목표	3
<그림 2-1> 도엽코드 체계	9
<그림 2-2> Level 3 활용산출물 예시 (Y.J. Jang 등, 2020)	19
<그림 2-3> Level 4 활용산출물 예시	20
<그림 2-4> 국토위성센터 ARD의 강점 및 차별성	24
<그림 2-5> CEOS ARD 프레임워크(CEOS, 2021b)	25
<그림 2-6> Product Alignment Assessment 프로세스(CEOS, 2021c)	27
<그림 2-7> Landsat Collection 1과 Collection 2의 비교	36
<그림 2-8> Landsat SR 영상의 CARD4L 요구사항 평가 결과: (a) 자체평가, (b) 동료평가	37
<그림 2-9> Landsat ST 영상의 CARD4L 요구사항 평가 결과: (a) 자체평가, (b) 동료평가	38
<그림 2-10> 처리 단계별 Landsat 산출물	39
<그림 2-11> Landsat 4-7 Collection 2 L2SP 제품명 작성 규칙(USGS, 2020a)	42
<그림 2-12> 샘플 데이터 제품 구성 목록	47
<그림 2-13> 픽셀품질정보밴드분석	49
<그림 2-14> SR밴드 구름품질정보분석	50
<그림 2-15> PDGS 기반의 Sentinel 위성영상 전처리 수행 과정(ESA, 2015)	54
<그림 2-16> GIPP of the scene classification module(ESA, 2016)	54
<그림 2-17> Sentinel-2호 픽셀단위정보 항목 및 세부사항(ESA, 2016)	55
<그림 2-18> 픽셀단위정보에 대한 신뢰도 정보: (a) Cloud mask의 신뢰도, (b) Snow mask의 신뢰도(ESA, 2016)	55
<그림 2-19> Sen2Cor를 통해 생성된 데이터 품질(ESA, 2021)	56
<그림 2-20> PlanetScope ARD 영상 세부사항: (a) PlanetScope 전처리 단계, (b) 전처리 단계에 따른 PlanetScope 영상 제품(Planet, 2020)	57
<그림 2-21> RapidEye ARD 영상 세부사항: (a) RapidEye 전처리 단계, (b) 전처리 단계에 따른 RapidEye 영상 제품(Planet, 2020)	58
<그림 2-22> MAXAR 위성영상 복사보정 시스템 개발 개념도 (MAXAR, 2020b)	59
<그림 2-23> MAXAR API 기반 ARD 제공 시스템: (a) API 활용 예시, (b) 데이터	

Ⅰ 그림목차 Ⅰ

다운로드 예시, (c) MAXAR ARD 샘플 영상(MAXAR, 2021)	60
<그림 2-24> ARD 활용 예시	61
<그림 2-25> MAXAR ARD 활용 분야(MAXAR, 2020b)	62
<그림 2-26> Landsat ARD의 표면반사율 영상을 활용한 농경지 내 관개 지역 및 비관개 지역 분류 (Ren 등, 2021)	62
<그림 2-27> Landsat ARD의 QA band를 활용한 구름탐지 (이미희 등, 2019) ..	63
<그림 2-28> 위성영상을 이용한 서부 임진강하구권역 내 DMZ 산불지역 회복성 분석 (김장수 등, 2021)	64
<그림 2-29> 국토위성센터 ARD 구축 시사점	69
<그림 2-30> 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵 수립 과정	70
<그림 2-31> ARD 구축위한 국토위성센터 핵심요소별 연구개발 추진방향	76
<그림 2-32> 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵	79
<그림 2-33> 국내 위성정보 활용기업 성장 장애 요인	83
<그림 2-34> 위성영상 활용 애로수준	84
<그림 2-35> 위성영상 산업경쟁력 강화를 위한 기업 의견	84
<그림 2-36> 위성정보 활용 관련 국내 연구기관 분석 결과	85
<그림 2-37> 위성정보 활용 관련 국내 산업체 분석 결과	86
<그림 2-38> 위성정보 활용 관련 국외 기관 정보	87
<그림 2-39> ARD 활용을 위한 협업 요소	87
<그림 2-40> ARD 활용 서비스 분야 파트너 발굴 방안	88
<그림 2-41> 정부 위성정보활용협의체 구성	88
<그림 2-42> 산학연 기관 대상 ARD 구축 및 활용 협력 요소 파악 방안	89
<그림 2-43> ARD 구축 및 활용 협력 후보 산학연 기관 현황	89
<그림 2-44> 국토위성센터 ARD 활용을 위한 중장기 협력 방안 도출 추진	90
<그림 2-45> ARD 활용 설문조사 추진 시 주요 고려 사항	92
<그림 2-46> ARD 정의 및 제공되는 데이터	94
<그림 2-47> ARD 서비스 특징 소개	94
<그림 2-48> ARD 활용 예시: 시계열 위성영상 활용	95
<그림 2-49> ARD 활용 예시: 다양한 공간정보와의 연계 활용	95

Ⅰ 그림목차 Ⅰ

<그림 2-50> ARD 활용 예시: 품질속성밴드를 활용한 구름 탐지	95
<그림 3-1> (a) 원본 영상, (b) 기하보정 적용 후 영상재배열 된 영상(국토교통부, 2020)	116
<그림 3-2> 밴드 간 위치 오차(offset) 수정 전후(국토교통부, 2020)	116
<그림 3-3> 지구 곡률에 따른 왜곡(국토교통부, 2020)	117
<그림 3-4> 지구 자전효과에 따른 왜곡(국토교통부, 2020)	117
<그림 3-5> 아리랑 3호 영상 초기 위치오차(a), 정밀센서모델링 후 위치 오차(b) (Jeong 등, 2016)	118
<그림 3-6> 판운형법(TPS)에 의한 왜곡보정 방법 개념	125
<그림 3-7> 정사보정 개념과 과정	129
<그림 3-8> The ENVI Orthorectification Module에서의 작업흐름도	133
<그림 3-9> 위성영상의 대기보정 처리 과정 (이규성, 2019)	135
<그림 3-10> 센서에서 감지된 영상 신호값의 복사전달과정	137
<그림 3-11> 절대 대기보정 처리 과정에서 필요한 입력 파라미터 종류 (Lee, 2019)	139
<그림 3-12> IKONOS 영상의 대리검보정을 통한 절대복사보정계수 산출	142
<그림 3-13> 시간별 태양각 변화와 이방성 효과로 인해 변화하는 NDVI (Lee and Lee, 2014)	148
<그림 3-14> USGS Landsat ARD의 QA밴드 정보	150
<그림 3-15> PlanetScope 위성영상(왼쪽), UDM2 구름 마스크(중간), UDM2 시각화 샘플(오른쪽)	150
<그림 3-16> 주요 표면의 파장별 분광특성(Zhuge 등, 2017)	151
<그림 3-17> Landsat에서 CFMask 알고리즘을 통해 탐지된 구름 및 구름그림자의 이동에 의한 효과	152
<그림 3-18> OCM 알고리즘 기반 구름영역 탐지 결과 - 산지(왼쪽) 및 도심지 (오른쪽)	153
<그림 3-19> HMF 알고리즘의 원리(왼쪽) 및 구름영역 탐지 결과(오른쪽)	153
<그림 3-20> Landsat SWIR-NIR-Red 합성영상(왼쪽) 및 수계 영역 마스크 (오른쪽)	154

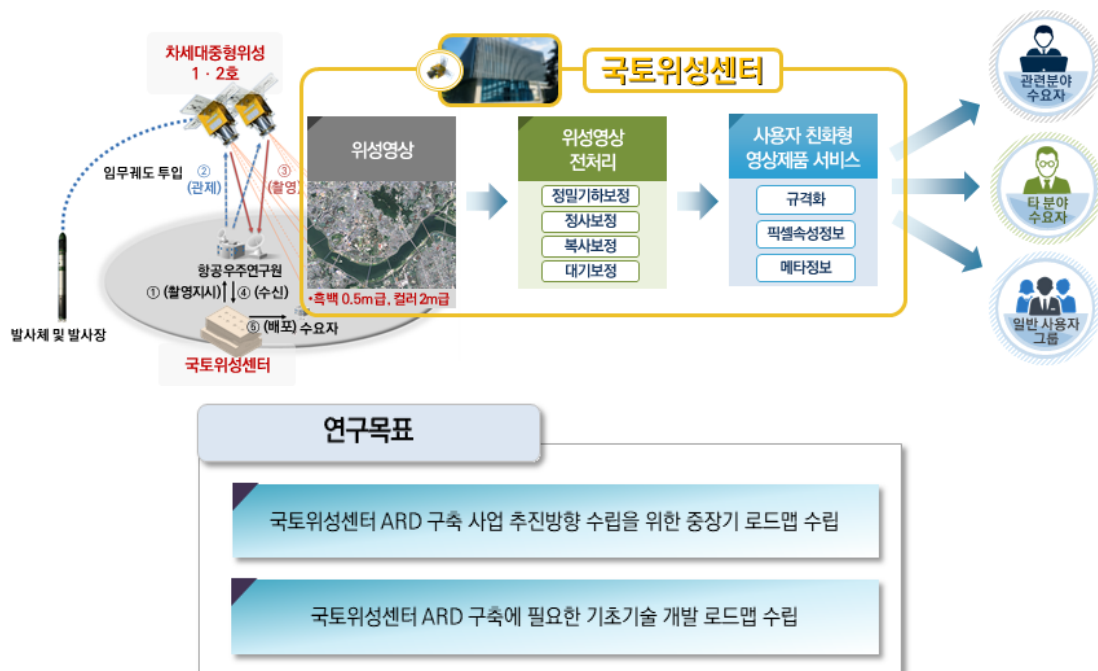
제1장

개요

1. 연구 배경
2. 연구 목표
3. 연구 범위

1. 연구배경

차세대중형위성 제1단계 개발 사업으로 국토교통부와 과학기술정보통신부가 위성산업의 발전과 국토자원관리 관련 공공부문 수요 대응, 국가공간정보 활용 서비스 제공을 위하여 차세대중형 위성 1·2호기(해상도 흑백 0.5m급, 컬러 2m급, 이하 국토위성)를 개발하고, 2021년 3월 국토위성 1호기가 성공적으로 발사되었다. 국토지리정보원의 국토위성센터는 국토위성의 주 활용기관으로 금년 10월 말부터 본격적으로 위성의 운영과 활용을 시작할 예정이다. 현재 위성영상 처리 시스템 및 산출물의 이·활용은 영상기반의 전문지식이 요구되어 非 전문가의 사용편의성 및 활용도가 낮고, 항공 정사영상, 국가기본도, 수치표고모형 등 타 공간정보와 제공 규격이 달라 융·복합 활용에 어려움이 많다. 이는 지구관측위성 자료의 활용 확산을 막는 주된 요인으로, 보다 쉽게 현업에 활용할 수 있는 산출물의 필요성이 대두되고 있다. 따라서 국토위성센터는 사용자들이 자신의 분야에 위성영상을 손쉽게 즉시 활용·분석할 수 있고, 타 위성 및 공간 정보와 상호운용이 가능한 산출물을 생산하고자 사용자 친화형 영상 제품(Analysis Ready Data, 이하 ARD) 구축을 기획하였다.



<그림 1-1> 국토위성센터 사용자 친화형 영상 제품(ARD) 구축 배경 및 연구목표

2. 연구목표

본 사업에서는 국토위성센터 ARD 구축 사업의 추진방향을 수립하기 위해 국토위성센터 ARD를 정의하고 국토지리정보원 제반환경을 고려한 중점과제 및 세부추진과제를 도출하여 중장기 추진방향을 수립한다. 또한 전문가 자문 위원단을 활용하여 국토위성센터 ARD 구축에 필요한 기초기술을 식별하고 연구과제를 발굴하여 기초기술 개발 로드맵을 수립한다.

3. 연구범위

본 사업의 범위는 다음과 같다.

□ 국토위성센터 ARD 구축사업 추진방향 수립

- 국토위성센터 ARD 정의
- 국토위성센터 ARD 구축 중장기 추진방향 수립
- 국내·외 협업체계 구축 및 활용 활성화 방안 마련

□ ARD 기초기술 개발 기획

- 국내외 ARD 기초기술 개발현황 및 발전전망 조사
- 국토위성 1·2호 ARD 기초기술 개발 연구과제 발굴 및 ARD 기초기술 개발 로드맵 제시
- ARD 기초기술 개발 연구과제 제안요구서(RFP) 마련 및 평가기준 설정 방안 제시

□ (추가제안) 국토위성센터 ARD 샘플 제작

- 주요 지형별(농촌지/도심지/산악지) ARD 산출물 샘플 제작
- ARD 산출물 샘플 검증 및 국토위성센터 ARD 정의 내용의 적정성 검증

제2장

국토위성센터 ARD 구축사업 추진 방향 수립

-
1. 국토위성센터 ARD 정의
 2. 국토위성센터 ARD 구축 중장기 추진방향 수립
 3. 국내외 협업체계 구축 및 활용 활성화 방안 수립

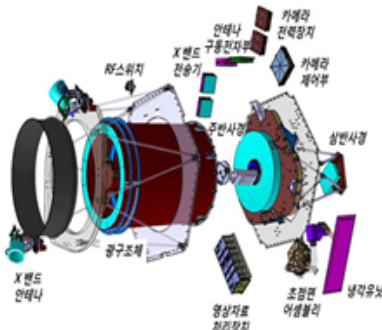
1. 국토위성센터 ARD 정의

가. 국토위성센터 ARD 정의

1) 배경 및 목적

2021년 국토관측 전용위성인 국토위성 1호가 성공적으로 발사됐고, 국토지리정보원의 국토위성센터에서 국토위성정보 수집 및 활용 시스템을 구축하여 운용 중에 있다. 국토위성은 고해상도의 광학 위성영상 정보를 약 5일의 시간해상도(1기 운영 시)로 제공하기 때문에 다양한 분야에 활용이 가능할 것으로 기대하고 있다. 표 2-1은 국토위성의 주요사양을 나타낸다.

<표 2-1> 국토위성 1호, 2호 주요 사양 및 형상(국토교통부, 2019)

항목	규격	형상
총 중량	약 500kg 내외(탑재체 및 연료포함)	
파장대역	흑백:1band, 450 ~ 900nm 컬러:4bands, 450 ~ 900nm (Blue, Green, Red, NIR)	
위성 임무수명	4년	
예상고도	497.8km	
해상도	흑백:0.5m급, 컬러:2m급(500km 기준)	
관측폭	12km 이상	
1, 2호기 간 위상 차	180도	
동일지역 재촬영 기간	1기 운영 시 약4.6일 / 2기 운영 시 약2.3일	
촬영주기	1기 당 최대 4회 (낮 시간 촬영 시 2회)	
1일 촬영시간	한반도 촬영 시 1궤도 당 2.5분	
촬영면적	30초 촬영 시 3,500km ²	
한반도 전체 촬영기간	스테레오 촬영 시 6개월 ~ 8개월 일반모드 촬영 시 3개월 ~ 4개월 ※ 2기 운영 시 기상조건 고려하지 않을 때	

‘국토위성정보 수집 및 활용기술 개발’ 선행 연구사업을 통해 국토위성정보의 수집 및 활용산출물 생성 시스템을 구축하는 성과를 거두었으며, 이를 바탕으로 국토위성센터는 기하정보가 자동수립된 영상을 비롯한 위성정보 산출물을 사용자에게 제공할 수 있게 되었다. 그러나 현재 위성정보 산출물의 이용 및 활용은 위성영상과 공간정보에 대한 전문지식이 요구되기 때문에 비전문가의 사용 편의성과 활용도가 낮고, 타 공간정보와 제공 규격이 달라 융·복합적인 활용에 어려움이 존재한다. 또한 일반 사용자가 위성영상을 활용하기 위해서는 기하, 대기보정과 같은 전문적인 위성영상 전처리의 과정을 수행해야한다. 이는 국토위성정보 활용의 확산을 막는 주된 요인으로, 보다 쉽게 현업에 적용할 수 있는 산출물의 필요성이 대두되고 있다.

사용자 친화형 산출물을 제공하는 방법으로 분석준비자료(Analysis Ready Data, ARD)가 있다. 분석준비자료(이하 ARD)는 사용자가 최소한의 노력으로 위성 영상 기반 분석이 가능하도록 전처리 과정을 거쳐, 타 자료와 상호운용될 수 있는 형태로 가공된 자료를 의미한다. 미국 지질 조사소(USGS)는 미국 전역에 대해 Landsat ARD를 처리했으며, 사용자는 전처리에 대한 부담을 줄일 수 있게 되었다. 현재 글로벌 ARD는 지구 관측 위성 위원회(Committee on Earth Observation Satellites, CEOS)가 중심이 되어 국제 표준 규격화 작업이 진행 중이다.

국토위성센터는 이러한 국제 추세에 맞추어 위성영상 전처리를 위한 사용자의 부담을 완화하고, 사용자 편의성과 타 위성영상 및 국가공간정보와의 상호 운용성을 갖춘 사용자 친화형 영상제품의 제작을 추진하고 있다. 국토위성센터 ARD의 목적은 아래 세 개 항목을 만족시키는데 있다.

- 특별한 전처리없이 즉시 활용이 가능한 산출물 제공
- 비전문가의 사용편의성 및 활용도 향상을 통한 사용자 범위 확대
- 격자형태의 규격화를 통한 타 공간정보와의 상호운용성 확보

2) 국토위성센터 ARD 선언적 정의

국토위성센터 ARD의 선언적 정의는 아래와 같다.

- 사용자 편의성 및 영상 활용성 증대를 위하여 영상처리 전문지식 없이도 즉시 활용이 가능하고, 타 영상정보 및 공간정보와 상호운용이 가능한 형태로 처리된 국토위성영상 산출물

3) 공간적 범위

국토위성센터 ARD는 서비스 구축 단계에 한반도 지역에 대해서 서비스하고, 서비스 고도화를 통해 전지구에서 사용이 가능하도록 제공하는 것을 목표로 한다.

4) 좌표계

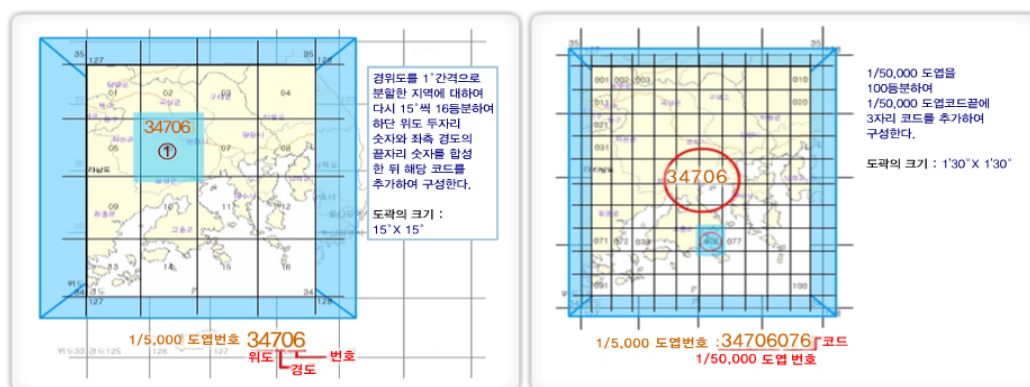
국토위성센터 ARD는 효율적인 구축과 유지관리 및 사용자의 편의성을 고려하여 한반도 전역을 포괄하는 기본지리정보좌표계(UTM-K)를 적용했다. ‘행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준’에 관한 국토지리정보원 고시 제104호(2016.12.29.) 제2장 제5조에 의거, 격자체계의 기준 좌표는 세계측지계 기반의 UTM-K를 기준좌표계로 규정하고 있다. UTM-K는 하나의 좌표계로 한반도 전역에 대한 위치정보를 표현할 수 있는 단일평면좌표계이다. 기존에 사용되었던 4개의 원점(서부원점, 중부원점, 동부원점, 동해원점)을 가지는 TM(Transverse Mercator)투영 좌표계의 경우, 좌표계 간 변환을 위한 별도의 처리과정이 필요하고 상이한 좌표계 사용으로 인한 혼란을 야기했다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 UTM-K를 국토위성센터 ARD의 좌표계로 적용함으로써 일반 사용자도 즉시 활용할 수 있는 형태의 자료 제공이 가능하도록 고안했다(표 2-2).

<표 2-2> UTM-K 좌표계 정보

항목	내용
투영법	TM 투영
타원체	GRS 1980
축척계수	0.9996
투영원점	경도: 127.5°, 위도: 38°
가산수치	N: 2,000,000 (m), E: 1,000,000 (m)
단위	1 meter
EPSG	5179 (Korea 2000 / Unified CS)
출처	국토지리정보원

5) 격자체계

국토위성센터 ARD는 1:5,000 축척의 도엽단위로 구축되어 있다. 현 수치지도 체계에서의 도엽번호는 경위도 좌표를 기반으로 하여 구성되어 있고, 각 도엽의 모서리 좌표는 고정된 경위도 좌표로 설정되어있다. 아래의 그림 2-1은 서울지도 홈페이지(<https://map.seoul.go.kr/>)에서 제공하는 도엽코드체계를 설명한다.



<그림 2-1> 도엽코드 체계

6) 데이터 종류

국토위성센터 ARD는 1:5,000 축척의 도엽 단위로 규격화된 표면반사율영상과 픽셀단위정보로 구성되고, 기하보정 및 복사·대기보정 처리에 대한 일반 메타정보를 함께 제공하여 자료 출처에 대한 이해를 돕는 동시에 추가적인 처리가 가능하도록 한다. 표 2-3은 국토위성센터 ARD 산출물에 포함되는 자료의 구성을 보여준다.

<표 2-3> 국토위성센터 ARD 데이터 구성

종류		내용	포맷
표면반사율영상(SR)		B·G·R·NIR 밴드 SR영상	GeoTIFF
		축소영상	JPEG
		영상 메타정보	TEXT
일반 메타정보	기하보정 정보	위치정확도	TEXT
		좌표계	
		투영법	
		원점 위치좌표	
		영상모서리 위치좌표	
		타일 정보	
	복사·대기보정 정보	기하보정법	
		복사보정법	
		대기보정법	
		오존보정 보조자료(TBD)	
		수증기보정 보조자료(TBD)	
		에어로졸 보정 보조자료(TBD)	
		보정계수	
픽셀단위정보		구름	GeoTIFF
		구름 그림자	
		수계	
		지형그림자	
		지형폐색	
		방사포화도(TBD)	
		손실자료(TBD)	
		누락자료(TBD)	
		데이터신뢰도(구름의 픽셀단위 신뢰도 등)	

7) 기하·정사보정 품질

국토위성센터 ARD는 국토위성정보 수집 및 활용 시스템을 통해 생성된 L2영상을 이용하여 제작된다. L2영상은 기하·정사보정 처리과정을 거치며 위치정확도가 확정되는데, 정확도 수준에 따라 영상 활용 범위에 차이가 있으므로 구분되어 사용될 필요가 있다. 따라서 위치정확도 기준에 따라 ARD 자료의 품질을 Tier 1, Tier 2로 구분하여 제공한다. 표 2-4는 기하보정 정확도 품질에 따른 L2 영상 구분 기준으로 보여준다.

<표 2-4> 기하·정사보정 품질 구분

구분	내용
Tier 1	<ul style="list-style-type: none">• 0.5 픽셀 RMSE 이내 (TBD)• 시계열 영상 분석이 가능한 수준
Tier 2	<ul style="list-style-type: none">• Tier 1을 충족하지 못하는 자료• GCP가 충분히 확보되지 않아서 위치정확도가 기준에 못미친 경우

8) 복사·대기보정 정보

TOA(Top of the Atmosphere) 및 표면반사율영상 산출에 사용된 알고리즘에 대한 기술문서와 보정에 사용된 보조자료의 출처를 제공한다.

나. 국토위성센터 ARD 산출물별 생산 가능성 분석

국토위성센터 ARD 정의 과업을 통해 도출된 산출물별로 생산 가능 여부를 분석했다. 특히 센터 독자 개발이 어려울 경우 유관기관과의 협업 가능성을 조사하였고, 한계점이 존재할 경우 추후에 고려해야 하는 항목으로 식별했다.

픽셀단위정보 산출물의 생산 가능성을 분석하는 과정에서는 기초기술 개발 기획 과업에서 수행한 기초기술 현황 분석 내용과 국토위성센터 제원 분석 과업에서 수행한 기 보유 공간정보 항목과의 연계성 분석 결과를 참고했다(표 2-5, 표 2-6).

1) 일반메타정보 산출물 생산 가능성 분석 결과

<표 2-5> ARD 일반메타정보 산출물 생산 가능성 분석표

항목	세부항목 (또는 설명)	ARD 산출물 생산 가능성 분석			
		시사점 및 개발 가능성 판단 근거	생산가능성(안)		
			센터 독자	협업 필요	추후 고려
일반	SR 영상 (표면 반사율)	R, G, B, NIR 밴드 SR영상, 축소영상, 영상 메타정보, 표면반사율 신 뢰도, 표면반사율 산출 계수	국토위성 사양을 고려하면 높은 복사정확도를 기대하기 어려움 향우연 등 국내외 유관기관과 협업 필요	○	
	ST 영상 (표면 온도)	대기보정을 통한 지표면 온도 정보	국토위성 분광 밴드의 사양을 고려했을 때 생성이 어려움		○
	복사/대기보 정 정보	복사보정법, 대기보정법, 오존 보정 보조자료, 수증기 보정 보 조자료, 에어로졸 보정 보조자 료, 보정 계수, 복사정확도	국토위성 사양을 고려하면 높은 복사정확도를 기대하기 어려움 향우연 등 국내외 유관기관과 협업 필요	○	
	BRDF 보정		BRDF 보정을 위한 여러 장의 영상 획득에 한계가 있음 타 기관 협업 또는 보조자료 등의 활용 필요	○	
	기하보정 정보	위치정확도, 좌표계, 투영법, 원점, 위치좌표, 영상 모서리 위치좌표, 타일 정보, 기하보정 법	센터 내 원천기술 확보를 목적으로 독자 개발	○	
	자료취득 시간	위성영상 취득 시간	제공 가능 (영상 메타정보에 포함)	○	
	장비	자료 취득 시 사용된 장비 정보	제공 가능 (영상 메타정보에 포함)	○	
	종합자료 품질	픽셀단위정보 분석을 통한 종합자료 품질	센터 내 자체 품질 척도 계산 기준 마련 가능 (픽셀단위정보 생성 알고리즘 개발 후 종합자료품질 제시 가능)	○	

2) 픽셀단위정보 산출물 생산 가능성 분석 결과

<표 2-6> ARD 픽셀단위정보 산출물 생산 가능성 분석표

항목	세부항목 (또는 설명)	ARD 산출물 생산 가능성 분석			
		시사업 및 개발 가능성 판단 근거	생산가능성(안)		
			센터 독자	협업 필요	추후 고려
픽 셀 단 위 정 보	cloud	구름	고해상도 위성영상 내 구름 영역 탐지 기술 개발의 난이도를 고려하여 타 기관 과의 협업 고려 필요	○	
	cloud shadow	구름 그림자	기존 알고리즘의 적용성 및 국토지리정 보원 보유 공간정보 항목과의 연계성 검 토 필요		○
	water	수계	타 기관과의 협업 및 국토지리정보원 보 유 공간정보 항목과의 연계성 검토 필요	○	
	snow	눈	현재 시점에서는 개발 불가 항목이므로 추후 고려		○
	haze	안개	현재 시점에서는 개발 불가 항목이므로 추후 고려		○
	terrain shadow	지형에 의한 그림자	국토지리정보원 보유 공간정보 항목과 의 연계를 통해 독자 개발 가능	○	
	terrain occlusion	지형에 의한 차폐(폐색)			
	data confidence	데이터 신뢰도	타 픽셀단위정보생성 기술 개발에 따른 독자 개발 가능	○	
	saturation	방사포화	국토위성 데이터 수신 시 처리할 수 있 는 정보로 수집 시스템으로부터 확인 필요	○	
	missing line	손실 데이터		○	
	no data	입력되지 않은 데이터	항우연으로부터 추출 가능 여부 확인 필 요	○	
	AOD	에어로졸 광학 두께	현재 시점에서는 개발 불가 항목이므로 추후 고려		○

2. 국토위성센터 ARD 구축 중장기 추진방향 수립

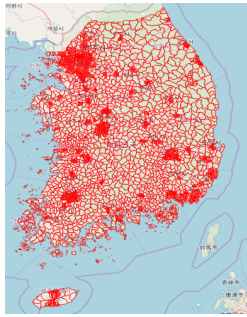
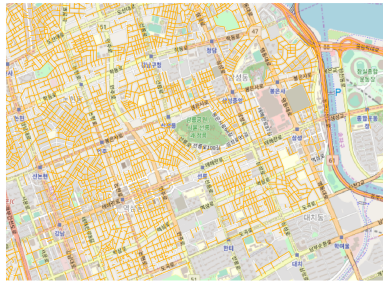

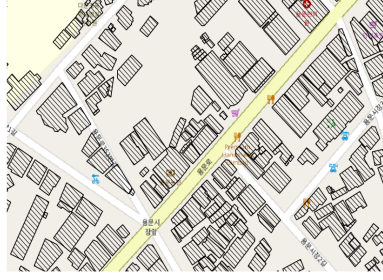
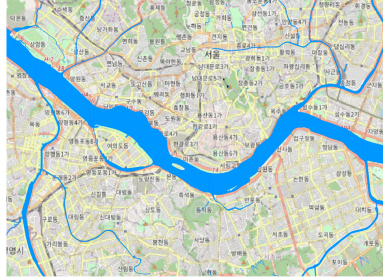
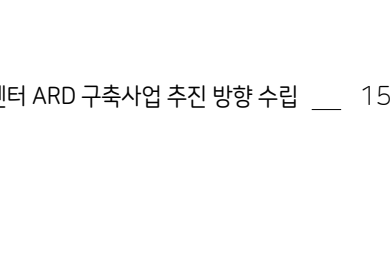
가. 국토위성센터 ARD 구축의 강점 및 차별성

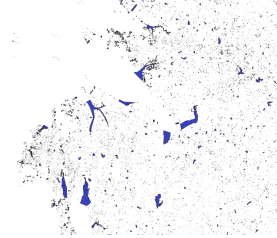
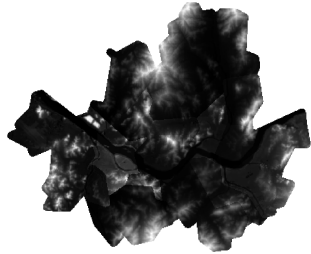
1) 국토지리정보원 제반환경 분석

국토지리정보원 제반환경 분석을 위해 국토지리정보원에서 보유 및 제공하고 있는 공간정보 데이터를 조사하였다. 국토지리정보원에서는 연속수치지형도에 포함되는 다양한 공간정보 항목 데이터 및 수치표고모형, 육상지명, 측량기준점, 정사영상 등을 제공하고 있다. 연속수치지형도는 도엽단위의 수치지형도를 동일 지형, 지물, 레이어 별로 연결하여 도엽 간 객체가 끊김 없이 연속되도록 구현한 것으로, 영역의 제약없이 행정구역이나 사용자가 임의로 원하는 영역을 검색할 수 있는 디지털 지도이다. 또한, 수치표고모형을 통해 식생과 인공지물을 포함하지 않는 지형만의 표고값을 1:5,000 도엽 단위로 제공하고 있으며, 정사영상 또한 1:5,000 도엽 단위로 제공하고 있다. 그리고 shp 파일형식으로 육상지명 및 측량기준점 정보를 제공하고 있다. 수치표고모형을 제외한 모든 공간정보 데이터는 매년 갱신하여 제공을 하고 있으며, 수치표고모형의 경우 변경 발생시 갱신하여 제공하고 있다. 위치기준으로는 국가기본도와 육상지명의 경우 GRS80 UTM-K 좌표계를 사용하였고, 수치표고모형의 경우 GRS80 TM 좌표계로 생성되는 것을 확인하였다. 국가공간정보 포털 및 국토정보플랫폼을 통해 공개된 데이터는 국가기본도 항목들을 전국단위로 구축하여 제공하고 있다(표 2-7) (국토지리정보원, 2020).

특히, 국토지리정보원의 공간정보 서비스인 국토정보플랫폼은 ‘생산-가공-유통-활용’을 하나의 플랫폼 내에서 원스톱으로 활용할 수 있도록 한 서비스로서 국가기준점, 영상정보, 인터넷지도, 지명정보와 같은 공간정보와 관련된 정보서비스를 통합하여 제공하는 데 목적이 있다. 또한, 공간정보의 다운로드, OpenAPI를 통한 활용, 측량수행 업체를 위한 업무지원 서비스를 지원하고 있다.

<표 2-7> 국토지리정보원 제공 기본공간정보 목록

항목		생산 데이터	축척	갱신주기	데이터 샘플
연 속 수 치 지 형 도	행정 구역	시도경계, 시군구경 계, 법정동경계	- 축척별로 제공 - 1:1,000 - 1:5,000 - 1:25,000 - 1:250,000 도엽별 선택 다운 로드 가능	매년	 행정경계(읍면동)
	도로	도로경계선, 도로중 심선, 인도		매년	 도로중심선
	도로 시설	도로분리대, 주차장, 교차로, 교량, 터널, 인터체인지, 주유소, 플랫폼, 안전지대 육 교, 휴게소, 터널입 구, 입체교차부		매년	 도로중심선
	철도	철도경계, 철도중심 선		매년	 철도중심선
	철도 시설	정거장, 플랫폼, 플 랫폼의 지붕		매년	 철도중심선
	건물	건물		매년	 건물
	건물 중심 점	건물중심점		매년	 건물
	건물 시설	담장		매년	 건물
	하천	하천경계, 하천중심 선, 실폭하천		매년	 하천경계

	수로 시설	댐, 호수/저수지, 수문, 암거, 제방		매년	 호수/저수지																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
수치표고모형		수치표고모형	1:5,000 도엽 단위로 제공	변경 발생시	 수치표고모형(ascii/img/pdf 파일로 제공)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
육상지명		고시지명, 지명		매년	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>UFIID</th><th>NAME</th><th>DIM</th><th>TYPE</th><th>BKCD</th><th>SCLS</th><th>FMIA</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>10000357050..</td><td>가죽골</td><td>PHN001</td><td>PNT005</td><td>451804000</td><td>H0049152</td><td>2015001</td></tr><tr><td>2</td><td>10000357050..</td><td>(해학1리)</td><td>PHN002</td><td>PNT008</td><td>451804000</td><td>H0049225</td><td>2015001</td></tr><tr><td>3</td><td>10000357050..</td><td>(해학2리)</td><td>PHN002</td><td>PNT008</td><td>451804000</td><td>H0049225</td><td>2015001</td></tr><tr><td>4</td><td>10000357050..</td><td>보리밭골</td><td>PHN001</td><td>PNT004</td><td>451804000</td><td>H0049152</td><td>2015001</td></tr><tr><td>5</td><td>10000357050..</td><td>영학리</td><td>PHN002</td><td>PNT009</td><td>451804000</td><td>H0049225</td><td>2015001</td></tr><tr><td>6</td><td>10000357050..</td><td>가평보리밭</td><td>PHN001</td><td>PNT007</td><td>451804000</td><td>H0049226</td><td>2015001</td></tr><tr><td>7</td><td>10000357050..</td><td>영학리밭</td><td>PHN001</td><td>PNT007</td><td>451804000</td><td>H0049226</td><td>2015001</td></tr><tr><td>8</td><td>10000357050..</td><td>세리마을</td><td>PHN001</td><td>PNT005</td><td>451804000</td><td>H0049152</td><td>2015001</td></tr><tr><td>9</td><td>10000357050..</td><td>선리마을</td><td>PHN001</td><td>PNT005</td><td>451804000</td><td>H0049152</td><td>2015001</td></tr><tr><td>10</td><td>10000357050..</td><td>원리마을</td><td>PHN001</td><td>PNT005</td><td>451804000</td><td>H0049152</td><td>2015001</td></tr><tr><td>11</td><td>10000357050..</td><td>서리마을</td><td>PHN001</td><td>PNT005</td><td>451804000</td><td>H0049152</td><td>2015001</td></tr><tr><td>12</td><td>10000357050..</td><td>세리마을</td><td>PHN001</td><td>PNT005</td><td>451804000</td><td>H0049152</td><td>2015001</td></tr><tr><td>13</td><td>10000357050..</td><td>영학리마을</td><td>PHN001</td><td>PNT005</td><td>451804000</td><td>H0049152</td><td>2015001</td></tr><tr><td>14</td><td>10000357050..</td><td>산기</td><td>PHN001</td><td>PNT007</td><td>451804000</td><td>H0049226</td><td>2015001</td></tr><tr><td>15</td><td>10000357050..</td><td>산내면</td><td>PHN002</td><td>PNT009</td><td>451804000</td><td>H0049224</td><td>2015001</td></tr></tbody></table> 지명(shp 파일로 제공)		UFIID	NAME	DIM	TYPE	BKCD	SCLS	FMIA	1	10000357050..	가죽골	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001	2	10000357050..	(해학1리)	PHN002	PNT008	451804000	H0049225	2015001	3	10000357050..	(해학2리)	PHN002	PNT008	451804000	H0049225	2015001	4	10000357050..	보리밭골	PHN001	PNT004	451804000	H0049152	2015001	5	10000357050..	영학리	PHN002	PNT009	451804000	H0049225	2015001	6	10000357050..	가평보리밭	PHN001	PNT007	451804000	H0049226	2015001	7	10000357050..	영학리밭	PHN001	PNT007	451804000	H0049226	2015001	8	10000357050..	세리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001	9	10000357050..	선리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001	10	10000357050..	원리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001	11	10000357050..	서리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001	12	10000357050..	세리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001	13	10000357050..	영학리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001	14	10000357050..	산기	PHN001	PNT007	451804000	H0049226	2015001	15	10000357050..	산내면	PHN002	PNT009	451804000	H0049224	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	UFIID	NAME	DIM	TYPE	BKCD	SCLS	FMIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1	10000357050..	가죽골	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
2	10000357050..	(해학1리)	PHN002	PNT008	451804000	H0049225	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
3	10000357050..	(해학2리)	PHN002	PNT008	451804000	H0049225	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
4	10000357050..	보리밭골	PHN001	PNT004	451804000	H0049152	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
5	10000357050..	영학리	PHN002	PNT009	451804000	H0049225	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
6	10000357050..	가평보리밭	PHN001	PNT007	451804000	H0049226	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
7	10000357050..	영학리밭	PHN001	PNT007	451804000	H0049226	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
8	10000357050..	세리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
9	10000357050..	선리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
10	10000357050..	원리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
11	10000357050..	서리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
12	10000357050..	세리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
13	10000357050..	영학리마을	PHN001	PNT005	451804000	H0049152	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
14	10000357050..	산기	PHN001	PNT007	451804000	H0049226	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
15	10000357050..	산내면	PHN002	PNT009	451804000	H0049224	2015001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
측량기준점		통합기준점, 삼각점, 수준점, 표고점		매년	<table border="1"><thead><tr><th>점</th><th>점명</th><th>좌표</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고도</th><th>고</th></tr></thead></table>	점	점명	좌표	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고
점	점명	좌표	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고도	고						

2) 기 보유 공간정보를 활용한 국토위성센터 ARD 구축 방안

국토지리정보원에서 보유하고 있는 공간정보 데이터를 활용할 경우, 단순히 ARD 영상의 기하적·방사적 결과를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 위성영상만을 이용하여 생성하기 어려운 ARD 픽셀단위정보 항목들이 생성 가능할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 국토지리정보원 기 보유 공간정보 데이터를 이용한 국토위성센터 ARD 생성 활용 방안을 도출하였다.

국가공간정보포털에서 제공되는 연속수치지형도는 매년 갱신되는 데이터로 국토위성센터 ARD 구축에 활용 시 최신성을 유지할 수 있는 장점이 있다. 수치지형도에서 제공되는 건물, 도로, 철도 등의 데이터는 픽셀단위정보 데이터 생산에 유용하게 활용 가능하다. 구체적으로, 건물 데이터, 철도시설 데이터 등은 픽셀단위정보 생산 항목 중 지형그림자 마스크, 지형폐색 마스크 등을 추출하기 위한 사전 정보로 활용 가능하다. 하천 및 수로시설 데이터는 픽셀단위정보 생산 항목 중 수계 마스크 생성을 위해 활용 가능하며, 특히 수계와 유사한 분광특성을 보이는 구름 및 지형 그림자와 구별하는데 용이할 것으로 판단된다.

주차장(도로시설), 플랫폼의 지붕(철도시설) 등과 같이 시간이 지나도 반사값이 변하지 않는 지역은 대리보정 기반의 복사보정을 위한 데이터로 활용 가능하다. 또한, 국가공간정보포털의 수치지표고모형 및 국토정보플랫폼의 측량기준점, 정사영상을 활용하여 국토위성영상의 기하보정 및 정사보정된 ARD를 구축할 수 있다. 기 보유 공간정보 데이터를 활용한 국토위성센터 ARD 생성 방안을 정리하여 표 2-8로 나타내었다.

<표 2-8> 기 보유 공간정보 데이터를 활용한 국토위성센터 ARD 생성 방안

제공 플랫폼	항목	생산 데이터	ARD 생성 연계성
국가공간정보포털	행정구역	시도경계, 시군구 경계, 법정동경계	국가기본도에 포함되어 매년 갱신되므로, ARD 연계시 데이터 최신성 유지 가능 행정구역 데이터를 이용하여 행정구역 단위의 ARD 제공 가능 건물 데이터, 철도시설 데이터 등은 픽셀단위정보 생산(perpixel metadata) 항목 중 지형그림자 마스크, 지형폐색 마스크 등을 추출하기 위한 사전 정보로 활용 가능 주차장(도로시설), 플랫폼의 지붕(철도시설) 등과 같이 시간이 지나도 반사값이 변하지 않는 지역은 대리보정 기반의 복사보정을 위한 데이터로 활용 가능
	도로	도로경계선, 도로 중심선, 인도	
	도로시설	도로분리대, 주차장, 교차로, 교량, 터널, 인터체인지, 주유소, 플랫폼, 안전지대 육교, 휴게소, 터널입구, 입체교차부	
	철도	철도경계, 철도중심선	
	철도시설	정거장, 플랫폼, 플랫폼의 지붕	

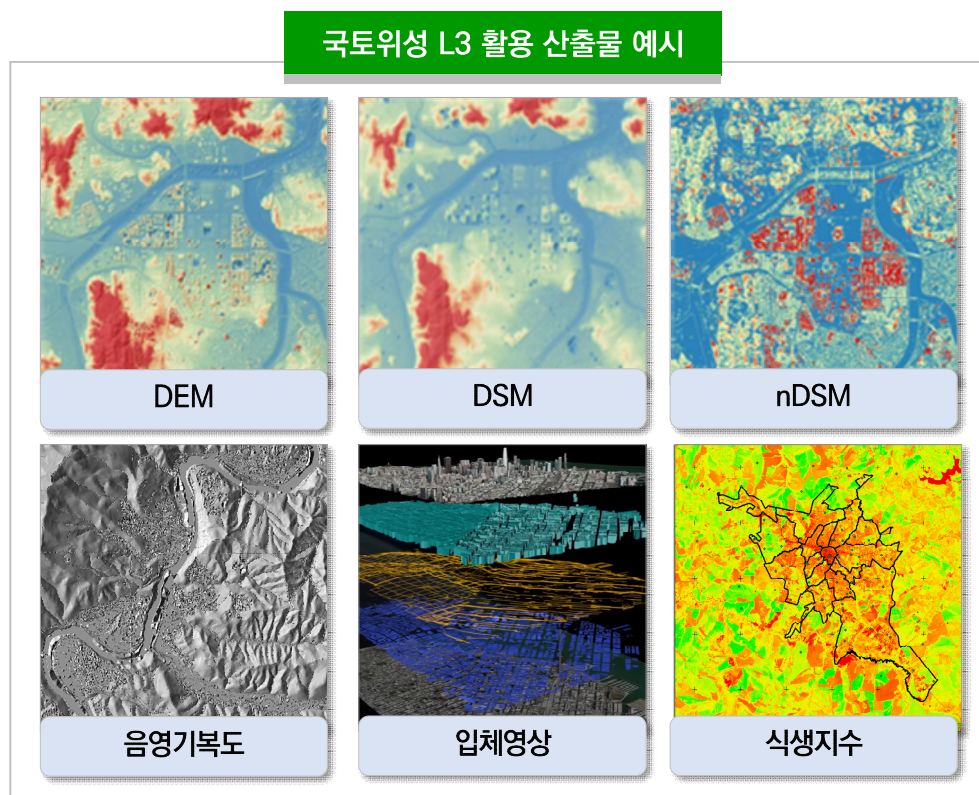
		건물	건물	
		건물중심점	건물중심점	
		건물시설	담장	
		하천	하천경계, 하천중심선, 실폭하천	픽셀단위정보생산 항목 중 수계 마스크 생성을 위해 활용 가능하며, 이는 픽셀단위정보생산 항목 중 수계와 유사한 분광특성을 보이는 구름 및 지형 그림자와 구별하는데 용이함
		수로시설	댐, 호수/저수지, 수문, 암거, 제방	
	수치표고모형	수치표고모형	높이 변화가 적은 지역을 찾아 대리보정 기반의 복사보정을 위한 데이터로 활용 가능 차세대중형위성으로 생성된 DSM/DTM을 이용하여 수치표고모델 갱신 및 최신성 확보 가능 기하보정을 위한 GCP Chip으로 활용 가능 정사보정을 위한 입력 데이터로 활용 가능	
	육상지명	고시지명, 지명	ARD의 위치나 특성을 직관적으로 알 수 있는 정보 제공 ARD 검색 플랫폼에 활용 가능	
국토정보플랫폼	측량기준점	통합기준점, 삼각점, 수준점, 표고점	ARD 기하정확도 평가에 활용 가능	
	정사영상	정사영상	기하보정을 위한 GCP Chip으로 활용 가능	

3) 국토위성센터 ARD와 기 보유 공간정보 연계 활용 방안

국토위성 기본 산출물은 표준영상(Level 1) 및 정밀영상(Level 2)으로 제공할 것으로 예상하고 있다. Level 1R 단계는 방사보정이 완료된 영상, Level 1G 단계는 궤도정보를 기반으로 기하보정과 DEM 기반 개략적인 정사보정이 수행된 영상이 제공된다. 그리고 Level 2R은 GCP를 통해 정밀기하보정을 수행하고, Level 2G는 정밀 DEM을 이용한 정사보정 영상이고, Level 2I 단계에서는 1:5,000 도엽단위로 분할된 정밀정사보정 영상으로 제공된다. Level 2 단계에서 생성된 정밀정사보정된 영상에 복사보정을 거쳐 ARD 영상과 픽셀단위정보를 얻을 수 있다.

이러한 처리단계를 거친 국토위성센터 ARD를 활용하여 추가적으로 생산 가능한 활용산출물을 Level 3과 4로 나눌 수 있다. Level 3은 기준점, 대기정보 등의 기본 보조정보와 국토위성센터 ARD 만을 이용하여 생산 가능한 활용산출물을 의미하고, Level 4는 국토위성센터 ARD와 수치지도 DB와 같은 추가 정보를 이용하여 생산 융복합 기술개발에 따라 확장 가능한 복합활용산출물로 정의한다 (국토교통부, 2020).

Level 3 활용산출물 중, 간단한 영상처리 기술을 적용하여 생성할 수 있는 산출물로는 ROI(Region of Interest) 영상, 시계열 영상, 입체영상, 음영기복도, TCI(True Color Image) 등이 있다. 3차원 정보생산 기술을 통해 DSM(Digital Surface Model), DTM(Digital Terrain Model), nDSM(Normalized DSM), DEM(Digital Elevation Model) set 등의 3차원 공간정보가 생성 가능하다. 국토위성센터 ARD의 밴드별 표면 반사율 영상을 조합하여 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)를 포함한 다양한 식생지수를 생성할 수 있다. 또한 객체추출기술을 통해 철도, 도로, 하천, 건물, 산림현황도 등을 생성할 수 있다. 하지만 객체의 특성이 촬영지역이나 촬영시기, 촬영각도 등에 따라 달라질 수 있으므로, 이러한 객체추출 기술의 고도화 연구가 필요하다. 또한 객체추출관련 산출물은 수치지형도의 레이어들을 같이 활용할 경우 추출 결과에 대한 신뢰도를 높일 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 객체추출 산출물이 생성된다면, 이들을 동일지역 다시기 영상을 통해 제작한 후 이들 간의 변화를 탐지함으로써 피복변화지도 및 객체변화지도와 같은 활용산출물 또한 생성 가능하다. 아래의 그림 2-2는 Level 3 활용산출물 예시를 나타낸다.



<그림 2-2> Level 3 활용산출물 예시 (Y.J. Jang 등, 2020)

기 구축 공간정보와 ARD를 함께 활용하여 생성할 수 있는 Level 4 복합활용산출물은 특성에 따라 크게 3D 융복합 산출물, 복합객체추출 산출물, 복합변화탐지 산출물, 세부 활용주제도로 나눌 수 있다. 3D 융복합 산출물은 고급 3D 융복합 처리기술을 바탕으로 제작이 가능하며, 다중영상정

보, 3D 객체 모델, 실감정사영상 등이 있다. 다중영상정보의 경우 위성, 드론, 항공기로부터 취득된 영상을 함께 활용하여 얻을 수 있는 정보를 의미하며, 3D 객체모델은 ARD 영상과 수치지형도의 건물 및 도로 레이어, 건축물 DB 등을 활용하여 관심 대상 객체를 3차원으로 표현한 모델을 의미한다. 실감정사영상은 지표면 뿐만 아니라 건물 등의 인공구조물에 의해서 발생할 수 있는 기복변위를 모두 제거한 영상으로, 수치지도, 건축물 DB, 드론 영상 등을 함께 활용하여 구축 가능하다. 고도화된 객체추출기술과 수치지도, 건축물 DB, 지적도, 행정구역도, 임상도, 토지피복도, DEM/DSM 등을 국토위성센터 ARD와 함께 활용하여 토지이용현황도, 지적중첩도, 북한개발구역지도, 산불위험중첩도 등의 복합객체추출 생산물을 생산할 수 있으며, 이러한 생산물의 시계열 제작을 통해 복합변화탐지 생산물 또한 제작 가능하다. 기타 가용토지추출도, 경사/향/표고 분석도, 산불, 침수, 가뭄 등의 재난재해관리도 등과 같은 세부 활용주제도 또한 제작 가능하다.

Level 4 복합산출물 중, 국토지리정보원에서 지속적으로 구축하여 제공할 수 있는 산출물은 추가적으로 활용해야하는 공간정보 데이터의 활용 가능성과 밀접한 관련이 있다(그림 2-3). 예를 들어, 지적중첩도나 객체중첩도와 같이 국토위성센터 ARD와 지적도 및 수치지도와의 중첩을 통해 제작 가능한 산출물은 충분히 매년 생산하여 제공이 가능할 것으로 판단된다. 실감정사영상의 경우 과거 항공사진 기반으로 제작한 경험을 바탕으로, 위성영상 기반의 산출물 또한 생성 가능할 것으로 판단된다(중앙항업, 2013). 현재 경사·향·표고분석도는 수자원공사에서 하천 중심으로 제작하여 제공하고 있는데, 국토위성센터 ARD를 이용하여 이를 국토 전역 단위로 제작할 필요가 있다. 산불, 침수, 가뭄 등의 재난재해관리도는 타 기관에서 이미 구축, 제공 중인 자료가 있으므로, 이들과의 연계 또는 차별화 방안이 필요할 것으로 판단된다.



<그림 2-3> Level 4 활용산출물 예시

국토위성센터 ARD와 국토지리정보원 기 보유 공간정보와의 연계성 분석을 수행하여 생산 가능한 Level 3과 4 산출물을 정의하였다. Level 3의 육상 및 하천구역에 대한 수질 정보를 통해 부영양화, 녹조, 탁도 등에 대한 정보제공이 유용할 것으로 기대된다. 또한, 고해상도 국토위성의 장점을 이용하여 하천의 하상정보가 가용할 경우, 수위만으로 대략적인 유량계산이 가능하여 태풍 및 집중호우로 인한 재난관리에 활용할 수 있다. 국토위성센터 ARD를 통해 구축할 수 있는 적설, 눈, 결빙 지역에 대한 픽셀단위정보를 통해 재난·재해, 교통정보 등에 활용 가능할 것으로 보인다. 이러한 국토위성센터 ARD와 기 보유 공간정보의 연계를 통한 다양한 산출물 생성을 위해서는 좌표체계를 통일하고, 제공하는 자료형태 및 파일포맷 등을 고려하여 구체화하는 과정을 수행한다. 아래의 표 2-9와 표 2-10은 L3, L4 산출물의 지리원 공간 정보화 가능성 여부에 대한 분석결과를 보여준다.

<표 2-9> Level 3 복합 활용 산출물

생산가능 L3 산출물	정의	지리원 공간정보화 가능성	비고
ROI 영상	사용자가 활용하고자 하는 지역을 중심으로 제공하는 영상	○	-
시계열 영상	다시기에 걸쳐 취득된 영상을 시간의 흐름에 따라 정렬하여 제공하는 영상	○	-
입체영상	동일지역에 대하여 좌우 다른 각도로 촬영된 영상을 활용하여 입체감을 표현한 영상	○	-
TCI 영상	RGB 영상	○	-
음영기복도	지형의 높낮이를 음영효과를 통해 3차원으로 표현한 영상	○	-
DSM	지면 및 지상객체에 대한 표고를 나타내는 영상	○	-
DTM	지상객체를 제외한 지면에 대한 표고를 나타내는 영상	○	-
nDSM	지면을 제외한 객체에 대한 표고를 나타내는 영상	○	-
DEM set	시계열 DEM 또는 DSM, DTM, nDSM 등을 하나의 set 형식으로 제공하는 데이터	○	-
식생지수	NDVI, EVI, SAVI, MSAVI	○	밴드 별 표면반사율 영상 생성 시 구축가능
피복 변화지도	다시기 영상을 이용하여 토지피복별 변화를 표현	△	변화유무지도 구축가능 피복변화지도를 생산하기 위해서는 각 시기의 토지피복도 구축 우선

객체 변화지도	다시기 영상 간 변화지역을 객체단위로 표현	△	변화유무 객체변화지도 구축가능 객체추출 및 객체변화지도 구축방법을 자동화, 일반화하기 어려움
---------	-------------------------	---	--

○ : 지리원 보유 공간정보화 가능, △ : 협의 필요

<표 2-10> Level 4 복합 활용 산출물

생산가능 L4 산출물	정의	보조데이터	제공기관	지리원 공간정보화 가능성	비고
다중영상정보	독립적인 센서로부터 획득된 영상정보	이종 위성/센서 영상	다수 기관	○	-
3D 객체 모델	건물의 3차원 정밀 입체묘사 및 3D 모델	수치지도/건축물 DB	국토교통부	△	3D 객체 모델 정의, 세밀도에 따라 다름
실감 정사영상	기복변위, 폐색 등을 제거한 정사영상	수치지도/건축물 DB/UAV영상	지리원	○	항공사진을 이용하여 일부 도심지역에 대해서만 제공 중
토지이용 현황도	6단계 필지별로 구분된 상세 지도	수치지도/건축물 DB	지리원	○	-
지적중첩도	지적도와 기타 공간 정보 데이터를 결합	지적도	-	○	지적중첩도 정의, 범위에 따라 다름
북한개발구역 지도	북한 개발구역 정보 제공 지도	행정구역도/수치지도	-	○	북한지역의 ARD 기하정확도 중요
객체중첩도	수치지도 객체 및 영상 중첩	수치지도	-	○	-
토지이용변화 지도	토지이용 변화특성 파악할 수 있는 지도	토지이용도/수치지도	-	○	토지이용현황도 구축 시 생산 가능
가용토지추출도	개발이 가능한 가용 토지 추출 지도	토지피복도/DEM/경사도	-	△	가용토지의 정의, 범위에 따라 다름
경사/향/표고 분석도	경사주제도/사면방향주제도/표고주제도	수치지도/DEM	수자원공사	○	전국 단위로 제작할 필요 있음
재난재해관리도	재난재해의 예방, 대비, 대응 및 복구를 위한 공간정보	수치지도/토지이용현황도	다수 기관	△	산불, 침수, 가뭄 등 타 제공기관 산출물과의 차별화 필요

○ : 지리원 보유 공간정보화 가능, △ : 협의 필요

4) 국토위성 ARD 구축 강점 및 차별성

고해상도의 국토위성영상을 활용할 경우 가지는 장점은 드론영상 및 항공영상과 비교하여 분석하였다. 우선, 드론영상과 비교하였을 때, 더 넓은 지역에 대한 데이터 취득이 가능한 장점이 있다. 또한 일반적으로 RGB 위주로 데이터를 취득하는 드론 영상에 비해 NIR(Near infrared) 밴드를 제공함으로써 다양한 식생지수 산출물을 제공할 수 있다. 또한 매번 드론 영상 촬영으로 인해 발생할 수 있는 인력 및 시간 소모를 최소화할 수 있다.

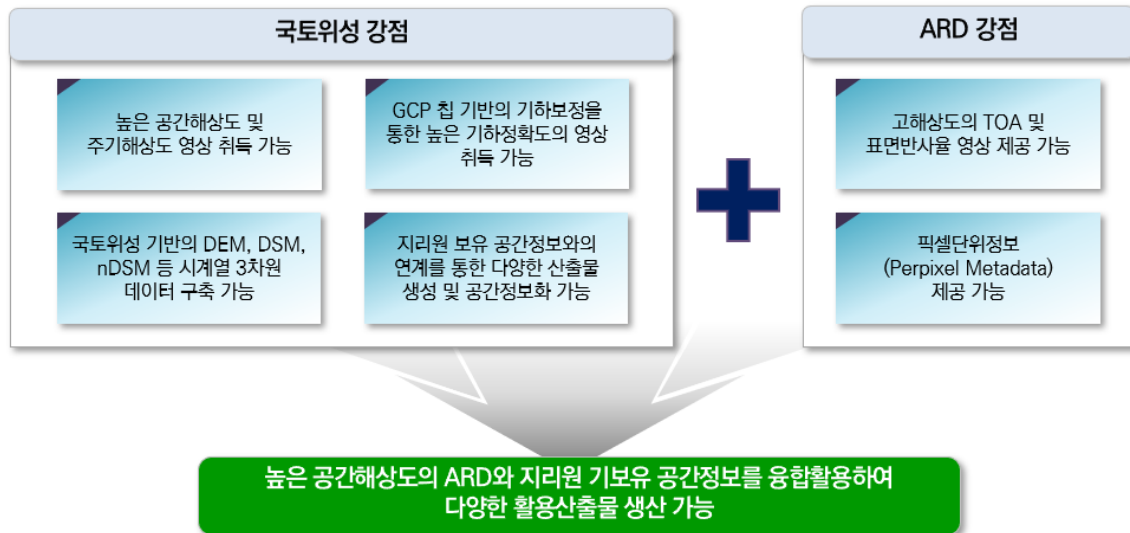
항공영상과 비교하여 위성영상을 통해 높은 주기해상도의 데이터를 취득할 수 있는 장점이 있다. 드론영상과 마찬가지로 일반적으로 RGB 위주로 데이터를 취득하는 항공영상에 비해 NIR 밴드를 활용할 수 있는 장점이 있다. 또한 항공영상은 주로 수치지도 제작, 측량 등의 국가기본도와 관련된 데이터를 취득하는데 장점이 있다면, 높은 주기해상도를 바탕으로 한 ARD는 시계열 분석을 포함한 활용에 강점이 있다.

국토지리정보원 제반분석을 통해 기 보유 공간정보 및 이를 보조 자료로 활용하여 ARD 생산 가능성, 그리고 제작된 국토위성센터 ARD를 통해 추가적으로 생산 가능한 활용산출물 등에 대하여 분석을 하였다. 이를 토대로 국토위성센터 ARD 구축 시 보일 수 있는 강점 및 차별성은 다음과 같다.

우선 국토위성이 가지는 강점을 살펴보면, Blue, Green, Red, NIR 파장대역 밴드를 제공하며 흑백영상 0.5m, 컬러 2m의 높은 공간해상도 영상 취득이 가능하다. 또한, 주기적인 시계열 데이터를 취득하려면 시간 및 인력 소모가 큰 항공사진 및 드론영상과 비교하여 국토위성은 광학 위성 정보를 약 5일 주기로 제공하여 다양한 분야에 활용 가능성이 크다. 또한 GCP 칩 기반의 기하보정을 통해 높은 기하정확도의 영상 획득이 가능하다. 중첩지역에 대한 지속적인 영상 취득을 통해 3차원 정보를 얻을 수 있는 점은 국토위성 1, 2호가 운영함으로써 얻을 수 있는 또다른 장점이다. ARD를 구축함으로써 얻을 수 있는 장점은 전문적인 위성영상 전처리 과정을 통해 고해상도의 TOA 및 표면반사율 영상 등 특별한 전처리 없이 즉시 활용 가능한 정밀 영상 산출물을 제공할 수 있다. 또한, 정밀영상을 기반으로 사용 가능 자료 영역 생산기술 개발을 통해 픽셀단위정보를 제공할 수 있다. 이렇듯 유사성능 위성영상과 비교하여 기존의 공간데이터와는 차별화된 데이터 제공이 가능하다.

결과적으로, 국토위성의 기본 산출물을 기반으로 관심영역 영상, DEM, DSM, nDSM 등의 3차원 시계열 데이터 및 식생지수영상 등 국토위성정보만을 이용한 Level 3 산출물들을 생산할 수 있다. 국토위성영상 기반의 Level 3 산출물 및 지리원 기 보유 공간정보, 타 기관 기 보유 공간정보 등 활용 가능한 데이터들의 연계를 통해 사용자의 활용목적에 부합하는 다양한 융·복합 활용산출물을 생산할 수 있다. 이를 통해 위성정보 활용을 위한 데이터 접근 시간 및 비용을 단축할 수 있으며 다른 자료와의 상호 운용성이 확보됨에 따라 다양한 응용 분야에서의 활용성 확대를 기대할 수

있다. 또한, 비전문가의 사용 편의성을 향상시켜 사용자 범위를 확대하고 고품질의 공공서비스 제공 및 데이터 공유화 기반을 마련할 수 있다. 궁극적으로 국토위성의 ARD 활용을 통해 국토환경, 기후변화 대응, 재난 및 재해 대응, 공간정보 산업 육성 등 효율적인 국토 공간 정보 관리가 가능할 것으로 사료된다. 아래의 그림 2-4은 국토위성센터 ARD의 강점 및 차별성을 나타낸다.



<그림 2-4> 국토위성센터 ARD의 강점 및 차별성

나. 국토위성센터 ARD 구축 시사점

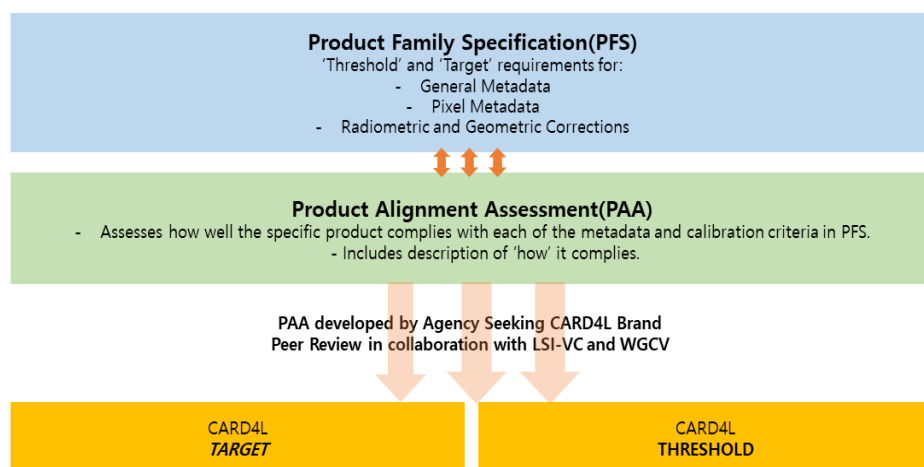
1) CEOS ARD 기초자료 분석

현재 글로벌 ARD는 CEOS가 중심이 되어 기준, 정의, 표준 규격화, 상호운용성 등 국제 표준화 작업이 진행 중이다. 이번 장에서는 CEOS 홈페이지(<https://ceos.org/ard/>)에서 제공하는 ARD 공개자료의 내용과 샘플 데이터를 통해 ARD의 메타 정보 요구사항에 대해 파악하여 향후 진행될 국토위성센터 ARD의 요구 사항 파악과 전략 수립에 활용하고자 한다(CEOS, 2021a).

CEOS에서 제시하는 분석준비자료의 프레임워크는 크게 PFS(Product Family Specification), PAA(Product Alignment Assessment)로 구성되어 있다. 본 분석에서는 CEOS ARD의 PFS와 PAA에 대해 파악하고, PFS의 네 가지 메타정보 별로 최소요구사항과 목표 요구사항을 분석하여 국토위성센터 ARD의 요구 사항 파악과 전략 수립에 활용하고자 한다.

CEOS ARD 중 광학 센서 제품으로는 표면 반사율에 대한 산출물인 SR(Surface Reflectance) 제품과 표면 온도에 대한 산출물인 ST(Surface Temperature) 제품이 존재하며, SAR(Synthetic Aperture Radar) 제품으로는 NRB(Normalised Radar Backscatter), POL(Polarimetric Radar) 제품이 있다. 본 분석에서는 국토위성에 요구되는 광학 센서 제품을 기준으로 하여 SR과 ST 제품의 요구사항을 분석한다.

PFS는 4가지 메타정보를 포함하는 산출물을 의미하며, 이는 이후 정해진 절차에 따라 동료 평가와 자체 평가 단계를 거쳐 LSI-VC(Land Surface Imaging Virtual Constellation)와 WGCV(CEOS Working Group on Calibration & Validation)의 인정을 받아 CARD4L(CEOS Analysis Ready Data for Land)로 승인된다(그림 2-5).



<그림 2-5> CEOS ARD 프레임워크(CEOS, 2021b)

가) CEOS ARD 메타정보 종류

CEOS ARD 중 광학 센서 제품으로는 표면 반사율에 대한 산출물인 SR제품과 표면 온도에 대한 산출물인 ST제품이 존재한다. 각각의 제품은 일반 메타정보, 픽셀별 메타정보(이하 픽셀단위정보), 방사/대기 보정, 기하 보정의 4가지 요소를 포함한다. 각 메타정보에 대한 간략한 설명은 아래와 같다(CEOS, 2021a).

- 일반 메타정보: 지리적 위치, 자료 취득 시간, 좌표계, 투영법, 기하 보정법, 기하 정확도, 장비, 분광 밴드 등 영상에 대한 포괄적인 정보를 포함하는 총 17개의 항목
- 픽셀 별 메타정보: 구름, 구름 그림자, 옥상/수계, 눈/빙, 지형그림자 등 품질 속성을 포함하는 총 13개의 항목
- 방사/대기 보정: ARD 생성 과정에서 적용된 방사/대기 보정의 알고리즘, 보조자료 등의 데이터를 포함하는 항목으로, SR과 ST의 전처리 과정이 달라 제품별로 포함하는 항목의 종류와 개수가 다름
- 기하 보정: ARD 생성 과정에서 적용된 기하 보정 알고리즘, 위치 정확도 등을 나타내는 항목

나) CARD4L의 최소요구사항과 목표요구사항

CEOS ARD에서는 가) 절에서 언급한 네 가지 메타정보에 대한 요구사항을 최소요구사항과 목표요구사항의 두 단계로 구분하여 평가한다. 모든 최소요구사항 조건을 만족하는 제품은 즉시 과학적 분석의 자료로 사용될 수 있으며 가치가 있는 자료로 인정받을 수 있다. 목표요구사항을 모두 만족하는 제품은 나아가 전반적인 제품의 불확실성을 줄이고, 더 넓은 범위로 활용될 수 있음을 인정받는 것이다. 두 단계에 대한 동료 평가와 자체 평가를 통해 인정받은 데이터는 비전문가의 사용자가 즉각적으로 데이터를 분석 혹은 추가적인 활용 분야에 사용할 수 있는 ARD로 승인받을 수 있다. 표 2-11은 CARD4L의 최소요구사항과 목표요구사항의 내용을 정리하여 보여준다.

<표 2-11> CARD4L의 최소요구사항과 목표요구사항(CEOS, 2021a)

항목	내용
Threshold Requirements (최소요구사항)	<ul style="list-style-type: none"> - 낮은 단계의 요구사항 - 넓은 분야에 활용될 수 있으며 아주 최소한의 처리 조건을 통해 가공한 데이터 제공
Target Reauirements (목표요구사항)	<ul style="list-style-type: none"> - 높은 단계의 요구사항 - 보다 특정화된 분야에 활용될 수 있으며 임계 단계의 데이터에 비해 높은 상호운용성과 정확도를 지니는 데이터 제공 - 지속적인 연구와 논의를 거치며 현재의 목표 요구사항이 미래의 임계 요구사항 단계로 인정될 수 있음

다) CARD4L 메타정보 평가 프로세스

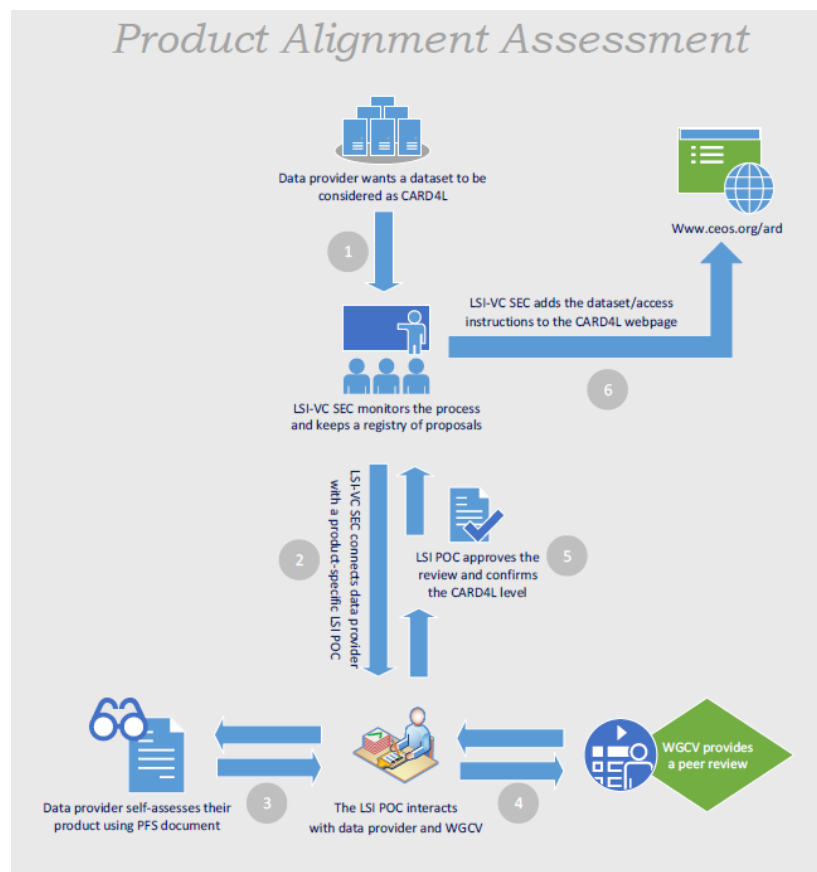
□ 자체 평가 단계

- CARD4L로 인정받고자 하는 데이터의 제공자는 CEOS에서 제시한 표에 맞추어 CEOS ARD 요구사항에 대한 자체 평가를 진행한다.
- 샘플 데이터와 메타데이터, 그리고 자체 평가 결과를 LSI-VC에 제공하여 CARD4L 산출 물로써의 인증을 받는 단계가 요구된다.

□ 동료 평가 단계

- 전문가로 구성된 그룹이 CEOS의 기준에 따라 제공된 데이터에 대한 평가를 실시한다.
- 해당 평가의 내용은 WGCV의 검토를 거쳐야 한다.

위의 두 단계의 평가를 거쳐 각 기관과 전문가 그룹으로부터 요구사항에 대한 만족도를 평가받은 제품은 LSI-VC에 의해 CARD4L 홈페이지(ceos.org/ard)에 데이터 접근 경로나 샘플 데이터를 업로드 하여 ARD 제품으로 승인된다(그림 2-6).



<그림 2-6> Product Alignment Assessment 프로세스(CEOS, 2021c)

라) CARD4L 메타정보 요구사항 목록

□ 일반 메타정보 요구사항

<표 2-12> CARD4L 일반 메타정보 요구사항(CEOS, 2021a)

번호	항목	임계(최소) 요구사항	목표 요구사항
1.1	추적가능성 (Traceability)	요구사항 없음.	데이터는 SI 참조 표준에 따라 추적할 수 있어야 한다.
1.2	기계가독형 메타데이터 (Metadata Machine Readability)	메타데이터는 컴퓨터가 일관되게 그리고 자동으로 각각의 구성 요소를 추출하고 해석할 수 있는 구조로 제공되어야 한다.	임계 요구사항과 마찬가지로, 메타데이터는 ISO 19115-2 국제 표준의 형식에 맞추어 제공되어야 한다.
1.3	자료취득시간 (Data Collection Time)	메타데이터는 자료 취득 시각을 명시해야 하며, 해당 시각은 날짜와 초 단위의 UTC 시간을 명확히 제공해야 한다.	메타데이터는 각 픽셀 별 자료 취득 시각 (혹은 픽셀 값결정 시각)을 명시해야 하며, 해당 시각은 날짜와 초 단위의 UTC 시간을 명확히 제공해야 한다.
1.4	지리적 위치 (Geographical Area)	메타데이터는 검증된 좌표계 상의 네모서리 점의 집합으로 자료의 지리적 위치를 명시해야 한다.	관찰 영역은 경계를 맞대는 밀접한 다각형(polygon)의 집합을 통해 구체적으로 명시해야 한다. 각 픽셀의 참조 위치는 제공된 좌표계(존재하는 경우) 및 데이터점을 지향한다.
1.5	좌표계 (Coordinate Reference System)	메타데이터는 사용된 좌표계를 명시해야 한다.	임계 요구사항과 동일
1.6	투영법 (Map Projection)	메타데이터는 사용된 지도 투영법과 해당 투영법에서 자료를 활용하기 위해 요구되는 모든 파라미터를 명시해야 한다.	임계 요구사항과 동일
1.7	기하보정법 (Geometric Correction Methods)	요구사항 없음. 사용자는 기하보정자료와 방법을 제공받지 않는다.	기하 보정에 관한 자료는 단일 DOI 랜딩 페이지로 제공되어야 하며, 보조 자료, 칩셋, 그리고 참조 데이터베이스와 같은 자료가 포함되어야 한다.
1.8	기하정확도 (Geometric Accuracy of the Data)	요구사항 없음. 사용자는 자료에 대한 기하정확도 평가결과를 제공받지 않는다.	메타데이터는 좌표계의 단위로 표현된 기하 정확도 평가 결과를 명시해야 한다. 기하 정확도 값은 독립적인 검증을 거쳐 시행되고, 불확실성은 RMSE 혹은 CEP90과 같이 정량적으로 표현되어야 한다.
1.9	장비 (Instrument)	메타데이터는 자료 수집에 사용된 장비를 명시해야 한다.	임계 요구사항과 마찬가지로, 장비에 관한 데이터는 관련된 CEOS 임무, 장비와 측정 데이터베이스 기록을 포함하는 단일 DOI 랜딩 페이지로 제공되어야 한다.
1.10	분광밴드 (Spectral Bands)	메타데이터는 자료가 포함된 각 밴드의 중앙 파장대 값을 SI 표준 단위계로 명시해야 한다.	임계 요구사항과 마찬가지로, 메타데이터는 장비의 응답 스펙트럼의 세부 사항을 사용자가 직접 접근할 수 있는 형태로 제공해야 한다. 최소한, 응

			답 스펙트럼의 최대값은 전체 파장대의 절반을 만족해야 하고, 중심 파장 및 대역폭이 제공되어야 한다.
1.11	센서보정 (SensorCalibration)	요구사항 없음.	메타데이터는 센서 보정에 관한 마라미터를 명시해야 한다. 혹은 메타데이터 내의 요소들로 센서 보정을 도출할 수 있어야 한다. 사물 통신 방식(M2M)을 지향하는 것이 가장 이상적이다.
1.12	복사정확도 (RadiometricAccuracy)	요구사항 없음.	메타데이터는 자료나 제품의 복사 정확도 평가 결과를 설명하는 행렬을 명시해야 하며, 해당 결과는 잘 알려지고 적절한 인용 혹은 표준(레일라이, PICS등)을 통해 그 불확실성으로 표기되어야 한다.
1.13	알고리즘 정보 (Algorithms)	메타데이터는 모든 알고리즘과 생성 단계에서 적용된 순서를 명시해야 한다. 예를 들면, 알고리즘 이론에 관한 참고 문헌을 사용할 수 있다. 참고: 알고리즘에 대한 정보는 메타데이터에서 단일 DOI 랜딩 페이지로 제공되어야 한다.	임계 요구사항과 마찬가지로, 동료 평가를 거친 알고리즘만 명시될 수 있다. 참고1:미공개 절차를 통해 고품질의 수정 단계가 적용 될 수 있다. CARD4L은 개방적인 데이터와 방법을 요구하지는 않는다. 참고2: 알고리즘에 대한 정보는 메타데이터에서 단일 DOI 랜딩 페이지로 제공되어야 한다.
1.14	보조자료 (AuxiliaryData)	메타 데이터는 하나의 DOI 랜딩 페이지로 이상적으로 표현되는 생성 프로세스에서 사용되는 보조 자료를 제공해야 한다. 참고1: 보조자료는 DEM, 에어로졸 등이 포함된다.	임계 요구사항과 마찬가지로, 메타데이터는 보조 자료에 대한 정보를 단일 DOI 랜딩 페이지로 제공해야 한다. 또한 제품과 동시에 혹은 링크를 통해 무료 온라인 다운로드 기능을 제공해야 한다.
1.15	처리과정 (ProcessingChainProvenance)	요구사항 없음.	메타데이터는 사용된 소프트웨어 버전 등을 포함하는 제품 생성 과정에 대한 자세한 설명을 단일 DOI 랜딩 페이지로 제공해야 하며, 사용자에게 완전한 투명성을 보장해야 한다.
1.16	자료 접근 (DataAccess)	메타데이터는 자료 접근에 대한 정보를 단일 DOI 랜딩 페이지로 제공해야 한다. 참고1: 수동 및 오프라인 작업이 필요할 수 있다.	임계 요구사항과 동일
1.17	종합 자료 품질 (OverallDataQuality)	적용 불가능.	메타데이터는 자료의 전반적인 품질을 설명하는 종합 자료 품질 행렬을 명시해야 하며, 구름 커버 범위, 구름 및 구름 그림자의 영향을 받는 육지의 비율 등이 포함된다.

□ 픽셀 메타정보 요구사항

<표 2-13> CARD4L 픽셀 메타정보 요구사항(CEOS, 2021a)

번호	항목	임계(최소) 요구사항	목표 요구사항
2.1	기계 가독형 메타데이터 (Metadata Machine Readability)	메타데이터는 컴퓨터가 일관되게 그리고 자동으로 각각의 구성 요소를 추출하고 해석할 수 있는 구조로 제공되어야 한다.	임계 요구사항과 마찬가지로, 메타데이터는 ISO 19115-2 국제 표준의 형식에 맞추어 제공되어야 한다.
2.2	미획득 자료 (NoData)	관찰값이 아닌 의미 없는 값을 포함하는 화소에 별도 플래그가 지정되어야 한다.	임계 요구사항과 동일
2.3	손실 자료 (Incomplete Testing)	메타데이터는 픽셀 별 테스트가 성공적으로 완료되지 않은 픽셀을 식별해야 한다.	메타데이터는 각 픽셀에 대해 수행된 모든 테스트에 대해 성공 혹은 실패의 결과를 명시해야 한다.
2.4	포화도 (Saturation)	메타데이터는 하나 혹은 다중 분광 밴드가 과포화 상태임을 명시해야 한다.	메타데이터는 과포화 현상이 나타난 픽셀과 밴드를 식별해야 한다.
2.5	구름 (Cloud)	메타데이터는 픽셀이 구름으로 판단되는 여부를 명시해야 한다.	임계 요구사항과 마찬가지로, 구름 탐지에 대한 정보는 단일 DOI 랜딩 페이지로 제공되어야 한다.
2.6	구름 그림자 (CloudShadow)	메타데이터는 픽셀이 구름 그림자로 판단되는 여부를 명시해야 한다.	임계 요구사항과 마찬가지로, 구름 그림자 탐지에 대한 정보는 단일 DOI 랜딩 페이지로 제공되어야 한다.
2.7	육상/수계 마스크 (Land/WaterMask)	요구되지 않음.	메타데이터는 픽셀이 육상/수계로 판단되는 여부를 명시해야 하며, 탐지 결과는 단일 DOI랜딩 페이지로 제공되어야 한다.
2.8	눈/빙 마스크 (Snow/IceMask)	요구되지 않음.	메타데이터는 픽셀이 눈/빙으로 판단되는 여부를 명시해야 하며, 탐지 결과는 단일 DOI랜딩 페이지로 제공되어야 한다.
2.9	지형그림자 마스크 (TerrainShadowMask)	요구되지 않음.	메타데이터는 픽셀이 지형 그림자로 인해 직접 조명되지 않는 픽셀을 명시해야 한다.
2.10	지형차폐 (TerrainOcclusion)	요구되지 않음.	메타데이터는 픽셀이 지형 차폐로 인해 센서에서 감지 불가능한 픽셀을 명시해야 한다.
2.11	광원 및 센서 시야각기하정보 (SolarandViewingGeometry)	메타데이터는 평균 광원 및 센서 시야각 기하정보를 명시해야 한다.	메타데이터는 각 픽셀 별 평균 광원 및 센서 시야각 기하정보를 명시해야 한다.
2.12	지형 조명 보정 (TerrainIlluminationCorrection)	요구되지 않음.	메타데이터는 각 픽셀 별 지형 조명 보정 계수를 명시해야 한다.
2.13	에어로졸 광학두께 매개변수 (AerosolOpticalDepthParameters)	요구되지 않음.	정의되지 않음.(논의중)

□ 복사 및 대기보정 메타정보 요구사항

<표 2-14> CARD4L 복사 및 대기보정 메타정보 요구사항(CEOS, 2021a)

번호	항목	임계(최소) 요구사항	목표 요구사항
3.1	측정값 (Measurement)	픽셀값은 지표면의 표면 반사율에 대한 측정값을 표시해야 한다. 해당 값은 차원이 존재하지 않는다.	표면 반사율 값은 SI 참조 표준에 따라 추적 가능해야 한다.(1.1의 요구사항과 동일)
3.2	측정값 불확실성 (Measurement Uncertainty)	요구되지 않음.	측정값의 확실성에 대한 값은 측정값의 단위로 주어져야 한다. 참고1: 1.1의 요구사항과 동일하게 SI 참조표준에 따라 추적 가능해야함 참고2:측정값 불확실성에 대한 정보는 단일 DOI 랜딩 페이지 형태로 메타데이터에 제공되어야한다.
3.3	측정값 정규화 (Measurement Normalization)	요구되지 않음.	측정값들은 광원과 시야각에 따라 정규화된다. BRDF 보정이나 지형 보정 등을 포함하는 항목이다.
3.4	대기 분산 (Directional Atmospheric Scattering)	에어로졸과 분자(레이리)산란에 대한 보정이 시행되어야 한다. 메타데이터는 단일 DOI 페이지로 다음에 대한 내용을 포함하는 정보를 제시해야한다. -동료평가를 거친 알고리즘에 대한 인용 -해당 알고리즘에 대한 기술문서 -보정에 사용된 보조자료의 출처 참고1:기술문서의 예시는 알고리즘 기초기술 문서와 사용자 가이드 등을 포함한다.	임계 요구사항과 동일.
3.5	수증기 보정 (Water Vapour Corrections)	수증기에 대한 보정이 시행되어야 한다. 메타데이터는단일DOI페이지로다음에대한내용을포함하는정보를제시해야한다. -동료평가를 거친 알고리즘에 대한 인용 -해당 알고리즘에 대한 기술문서 참고1:기술문서의 예시는 알고리즘 기초기술문서와 사용자 가이드 등을 포함한다.	임계 요구사항과 동일.
3.6	오존 보정 (Ozone Corrections)	요구되지 않음.	데이터는 오존 보정돼야 한다. 1.8과 1.9 항목에 관련된 메타데이터가 있으며, 메타데이터는 단일 DOI 페이지로 다음에 대한 내용을 포함하는 정보를 제시해야한다. -동료평가를 거친 알고리즘에 대한 인용 -해당 알고리즘에 대한 기술문서

□ 기하보정 메타정보 요구사항

<표 2-15> CARD4L 기하보정 메타정보 요구사항(CEOS, 2021a)

번호	항목	임계(최소) 요구사항	목표 요구사항
4.1	기하보정 (Geometric Correction)	<p>부분-픽셀 정확도는 상대적인 지리적 위치에서 취득된다. 즉, 동일한 기기 및 플랫폼의 픽셀이 일관되게 위치하므로 시간이 지남에 따라 비교할 수 있다.</p> <p>부분-픽셀 정확도는 참조영상과 비교했을 때 0.5 RMSE(픽셀) 이하로 얻어지거나 CEP(CircularErrorProbability)와 동일하게 얻어져야 한다.</p> <p>공통 격자크기, 원점 및 외관점의 위치 좌표 (Center. LL. UR)를 포함하여 일관된 그리드/샘플링 프레임이 사용된다.</p> <p>1.8 및 1.9에 따라 관련 메타데이터를 제공해야한다.</p> <p>참고1: 임계값 수준은 각 소스에 대한 기하학적 보정이 다를 수 있으므로 서로 다른 소스의 데이터 간 상호운용성을 반드시 만족해야 하지는 않음.</p>	<p>부분 픽셀 정확도는 식별 된 절대 독립 지상 참조 시스템 (예 : 국가지도 그리드)를 참조하여 얻어진다.</p> <p>이 요구사항을 충족하려면 일관된 그리드/샘플링 프레임이 요구되며, 1.8 및 1.9에 따라 관련 메타데이터를 제공해야 한다.</p> <p>참고1: 이 요구사항은 이 보정 수준을 충족하는 여러 플랫폼의 이미지와 GIS 레이어 및 지형모델과 같은 비이미지 공간데이터 간의 상호운용성을 지원하기 위한 것이다.</p>

2) 국내외 ARD 구축사례 및 동향 분석

위성 관련 국내외 기관들은 전반적으로 ARD의 활용적 가치를 인지하고 있으며, USGS나 Planet, MAXAR 등은 자체적으로 ARD를 구축하여 제공하고 있다. 국내외 ARD 관련 구축 사례 및 동향 분석한 결과를 요약하여 표 2-16에 정리하였다. 이번 장에서는 국내외 위성관련 기관인 USGS, ESA, Planet, MAXAR, 한국항공우주연구원 등에서 ARD를 구축한 사례 및 관련 동향분석을 실시한 내용을 정리하였다.

<표 2-16> 국내외 ARD 관련 세부사항

항목		USGS	ESA	Planet		MAXAR (구 Digital Globe)	항공우주연 구원
위성		Landsat	Sentinel-2	RapidEye	PlanetScope	GeoEye-1 WorldView-2	KOMPSAT-3A
공간해상도		PAN: 15m MS: 30m TIR: 100m	MS: 10m, 20m, 60m	MS: 6.5m	MS: 3.7m	PAN: 0.46m MS: 1.84m	PAN: 0.55m MS: 2.2m
ARD Product	기하정확도	≤ 12m RMSE	≤ 12.5m 2 σ	≤ 10m RMSE		≤ 5m CE90	≤ 13.5m CE90
	복사 / 대기보 정	SR, ST 제공	SR 제공	미제공	SR 제공	SR 제공	미제공 (복사보정 계수 제공)
	메타데이터	제공	제공	제공		제공	제공
	픽셀단위정보 (Perpixel Metadata)	QA 밴드 형태 제공 (CARD4L 요 구사항 충족)	SC 밴드 형태 제공 (구름, 눈, 구름 그림 자 등 12항목 구축)	일부 UDM 제공 (지형/해수, 지형차폐, 과포화영역, AOD 등 제외)		일부 UDM 제공 (구 름, 손실 데이터 구축)	미제공
이슈 및 동향		ARD 서비스 중 (무료)	ARD 서비스 중 (무료)	과거 UDM 제공되지 않음		API 기반 ARD 서비 스 중	대기보정 및 픽셀 단위 정보 생산물 구축 필요

가) USGS

(1) 구축 사례 및 동향

미국 지질조사국(United States Geological Survey, USGS)은 CEOS가 제안하는 CARD4L 메타정보 요구사항에 충족하는 ARD의 필요성을 인지하고 Landsat 영상의 ARD를 구축하여 사용자들에게 제공하고 있다. 앞서 분석한 것처럼, USGS는 CEOS 최소 요구사항을 모두 만족하는 수준으로 ARD 구축을 하였고, 자체 및 동료 평가도 모두 진행하여 가장 완성도 높은 ARD를 구축하였다. 또한 Earth Explorer를 통해 ARD를 무료로 제공하고 있다. Landsat 5-8호까지 Collection 1과 Collection 2로 구분하여 제공하고 있으며, 2021년 9월 발사 예정인 Landsat-9 호 또한 이러한 수준에 맞춰서 가공 및 제공할 계획이다. 여기서는 USGS의 Landsat 영상 특성을 간단하게 요약하여 정리하였다.

Landsat 영상은 크게 Collection, Level, Tier 단위로 분류된다. USGS는 Landsat 영상을 효율적으로 관리하기 위해 Collection 1과 Collection 2의 계층적 구조로 구분한다(USGS, 2021a). Collection 1은 신속하게 사용자에게 데이터를 제공하기 위해 제한된 보정 단계가 수행된 데이터를 제공하는 반면, Collection 2는 Collection 1에 기하 정확도, 방사 보정, QA band 등 다양한 정보를 포함한 고품질의 데이터를 제공한다(USGS, 2020a). Landsat 영상은 전처리 수준에 따라 영상을 Level 1-3 단계로 구분한다(USGS, 2020b). Level 1단계의 영상은 전처리 과정이 수행되지 않은 Level 1 Terrain Precision (L1TP), Level 1 Systematic Terrain (L1GT), Level 1 Geometric Systematic (L1GS)의 제품이 제공된다. Level 2단계의 영상은 Level 1 영상에 기하보정, 방사보정, 그리고 대기보정을 수행하여 생성된 ARD 영상이며, 표면반사율과 표면 온도 데이터를 포함하고 있다. Level 3 영상은 Level 2 ARD 영상에서 활용 가능한 정보를 바탕으로 제작된 추가적인 정보를 포함하고 있으며, DSWE(Dynamic Surface Water Extent), fSCA(Fractional Snow Covered Area), BA (Burned Area)를 포함하고 있다. 또한 Landsat 영상은 위성영상의 품질에 따라 Tier를 부여하여 제공하고 있으며, Tier 1과 Tier 2로 구분된다. Tier 1은 허용오차 12m RMSE 이내의 우수한 품질의 위성영상을 의미하며, 시계열 분석에 적합한 특징을 가지고 있다. 반면 Tier 2는 Tier 1의 기준요건을 충족하지 못하는 나머지 영상을 정의한다. Landsat Collection 1과 Collection 2를 Level 별로 구분하여 그림 2-7에 정리하였다.

CARD4L에서 요구하는 픽셀단위정보를 Landsat은 QA(Quality Assessment) 밴드를 통해 제공하고 있으며, 이는 밴드 속성 내 항목을 나타내는 해당 픽셀값을 통해 유효성을 나타낸다. QA 밴드는 Level 1의 밴드와 동일한 값을 나타내며, 16bit COG(Cloud Optimized GeoTIFF) 영상으로 제공된다(USGS, 2020c). 그리고 픽셀별 방사 포화도와 픽셀 값의 유무 정보를 포함하는 RADSAT QA 밴드는 각 항목에 대한 해당 픽셀값의 유효성을 판별한다. SR·Cloud QA 밴드는 일반적인 QA 밴드와 달리 Level 2 처리 단계에 맞는 LEPAPS 알고리즘을 활용하여 생성된 값으

로, Level 1의 값을 유지하는 QA 밴드보다 신뢰도 높은 정보를 제공한다(USGS, 2021b).

Legend					
Collection 2 Improvement / Enhancement TBD Item for Collection 2					
		Collection 1		Collection 2	
	Level-1 Landsat 1-8	Level-2 (U.S. ARD) Landsat 4-8	Level-1 Landsat 1-8 (Landsat 9)	Level-2 Landsat 4-8 (L8)	Level-2 (U.S. ARD) Landsat 4-8 (Landsat 9)
Supporting Software					
Processing Software	Landsat Product Generation System (LPGS) R13.x	L2PGS BRIDGE R0.8.x	Landsat Product Generation System (LPGS) R15.x		
Geometry					
Coverage	Global	U.S.	Global	Global *	U.S.
Geometric Registration Base	Global Land Survey (GLS) 2000		Landsat 8 OLI Harmonized w/ Sentinel-2 Global Reference Image (GRI)		
Digital Elevation Model	GLS DEM (SRTM / NED / CDED / DTED / NPI / GIMP / RAMP)		GLSDEM / NASADEM / Alaska NED / CDEM / SNF / NPI / GIMP / ArcticDEM / RAMP**		
Map Projection	Universal Transverse Mercator / Polar Stereographic	Albers	Universal Transverse Mercator / Polar Stereographic		Albers
Resampling	Cubic Convolution		Cubic Convolution		
Pixel Size (Reflective) (MSS / TM, ETM+, OLI)	60m / 30m		60m / 30m		
Pixel Size (Thermal) (TM / ETM+ / TIRS)	30m / 30m / 30m		30m / 30m / 30m		
Datum	WGS84		WGS84		
Precision Correction Methodology	Baseline		Improved usage of Ground Control Points (GCPs) to produce more Level-1 Terrain Precision (L1TP) Products		
Radiometry					
Per-Pixel Solar Angle Corrections	None (based on scene center)	Full Per-Pixel Correction Applied	None (based on scene center)	Full Per-Pixel Correction Applied	
Solar / Sensor Viewing Angle Information	Angle Coefficient File	None (Per-Pixel Correction Already Applied)	Angle Coefficient File + Band 4 Solar / Sensor Angle Bands	None (Per-Pixel Correction Already Applied)	
TIRS Stray Light Correction (L8 Only)	Yes		Yes		
TIRS Post-Stray Light Correction Adjustment (L8 Only)	None		Post-Stray Light Residual Bias Applied	Post-Stray Light Residual Bias Applied	
Atmospheric Correction / Level-2 Processing					
Surface Reflectance Algorithm Version	N/A	LEDAPS v3.2.1 (TM / ETM+) / LaSRC v1.3.0 (OLI / TIRS)	N/A	LEDAPS v3.4.0 (TM / ETM+) / LaSRC v1.5.0 (OLI / TIRS)	
Surface Temperature Algorithm Version	N/A	Landsat Single-Channel Surface Temperature v1.3.0	N/A	Landsat Single-Channel Surface Temperature v1.3.0	
Surface Reflectance Fill Value	N/A	-9999	N/A	0	
Surface Temperature Fill Value	N/A	-9999	N/A	0	
Data Type / Scaling Factor (Surface Reflectance)	N/A	Signed 16-bit Integer 0.0001 (no offset)	N/A	Unsigned 16-bit Integer 0.0000275 + -0.2	
Data Type / Scaling Factor (Surface Temperature)	N/A	Signed 16-bit Integer 0.1 (no offset)	N/A	Unsigned 16-bit Integer 0.00341802 + 149.0	
L7 ETM+ Surface Temperature Band	N/A	Band 6L Only	N/A	Bands 6L and 6H Combined (6H if unsaturated, 6L otherwise)	
Pressure Source	N/A	NCEP Grid (TM / ETM+) / Internally Calculated (OLI / TIRS)	N/A	NCEP Grid (TM / ETM+) / Internally Calculated (OLI / TIRS)	

Landsat Collection 1과 Collection 2의 비교(1/2)

Legend					
Collection 2 Improvement / Enhancement					
TBD Item for Collection 2					
		Collection 1		Collection 2	
		Level-1 Landsat 1-8	Level-2 (U.S. ARD) Landsat 4-8	Level-1 Landsat 1-8 (Landsat 9)	Level-2 Landsat 4-8 (L9)
		Level-2 (U.S. ARD) Landsat 4-8 (Landsat 9)			
Supporting Software					
Processing Software	Landsat Product Generation System (LPGS) R13.x	L2PGS BRIDGE R0.8.x	Landsat Product Generation System (LPGS) R15.x		
Geometry					
Coverage	Global	U.S.	Global	Global *	U.S.
Geometric Registration Base	Global Land Survey (GLS) 2000		Landsat 8 OLI Harmonized w/ Sentinel-2 Global Reference Image (GRI)		
Digital Elevation Model	GLS DEM (SRTM / NED / CDED / DTED / NPI / GIMP / RAMP)		GLSDEM / NASADEM / Alaska NED / CDEM / SNF / NPI / GIMP / ArcticDEM / RAMP**		
Map Projection	Universal Transverse Mercator / Polar Stereographic	Albers	Universal Transverse Mercator / Polar Stereographic		Albers
Resampling	Cubic Convolution		Cubic Convolution		
Pixel Size (Reflective) (MSS / TM, ETM+, OLI)	60m / 30m		60m / 30m		
Pixel Size (Thermal) (TM / ETM+ / TIRS)	30m / 30m / 30m		30m / 30m / 30m		
Datum	WGS84		WGS84		
Precision Correction Methodology	Baseline		Improved usage of Ground Control Points (GCPs) to produce more Level-1 Terrain Precision (L1TP) Products		
Radiometry					
Per-Pixel Solar Angle Corrections	None (based on scene center)	Full Per-Pixel Correction Applied	None (based on scene center)	Full Per-Pixel Correction Applied	
Solar / Sensor Viewing Angle Information	Angle Coefficient File	None (Per-Pixel Correction Already Applied)	Angle Coefficient File + Band 4 Solar / Sensor Angle Bands	None (Per-Pixel Correction Already Applied)	
TIRS Stray Light Correction (L8 Only)	Yes		Yes		
TIRS Post-Stray Light Correction Adjustment (L8 Only)	None		Post-Stray Light Residual Bias Applied	Post-Stray Light Residual Bias Applied	
Atmospheric Correction / Level-2 Processing					
Surface Reflectance Algorithm Version	N/A	LEDAPS v3.2.1 (TM / ETM+) / LaSRC v1.3.0 (OLI / TIRS)	N/A	LEDAPS v3.4.0 (TM / ETM+) / LaSRC v1.5.0 (OLI / TIRS)	
Surface Temperature Algorithm Version	N/A	Landsat Single-Channel Surface Temperature v1.3.0	N/A	Landsat Single-Channel Surface Temperature v1.3.0	
Surface Reflectance Fill Value	N/A	-9999	N/A	0	
Surface Temperature Fill Value	N/A	-9999	N/A	0	
Data Type / Scaling Factor (Surface Reflectance)	N/A	Signed 16-bit Integer 0.0001 (no offset)	N/A	Unsigned 16-bit Integer 0.0000275 + -0.2	
Data Type / Scaling Factor (Surface Temperature)	N/A	Signed 16-bit Integer 0.1 (no offset)	N/A	Unsigned 16-bit Integer 0.00341802 + 149.0	
L7 ETM+ Surface Temperature Band	N/A	Band 6L Only	N/A	Bands 6L and 6H Combined (6H if unsaturated, 6L otherwise)	
Pressure Source	N/A	NCEP Grid (TM / ETM+) / Internally Calculated (OLI / TIRS)	N/A	NCEP Grid (TM / ETM+) / Internally Calculated (OLI / TIRS)	

Landsat Collection 1과 Collection 2의 비교(2/2)
<그림 2-7> Landsat Collection 1과 Collection 2의 비교

Landsat ARD는 CARD4L에서 요구하는 최소요구사항과 목표요구사항에 대한 평가를 진행하였으며, 두 단계에 대한 자체 평가와 동료 평가를 모두 진행함으로써 비전문가의 사용자가 즉각적으로 데이터를 분석 혹은 추가적인 활용 분야에 사용할 수 있는 완성도 높은 ARD로 승인을 받은 상황이다. Landsat SR 및 ST 영상의 CARD4L 요구사항 평가 결과는 그림 2-8, 2-9와 같다.

	Threshold	Target
1. General Metadata		
1.1 Traceability	Yes	No
1.2 Metadata Machine Readability	Yes	No
1.3 Data Collection Time	Yes	Yes
1.4 Geographical Area	Yes	Yes
1.5 Coordinate Reference System	Yes	Yes
1.6 Map Projection	Yes	Yes
1.7 Geometric Correction Methods	Yes	Yes
1.8 Geometric Accuracy of the Data	Yes	Yes
1.9 Instrument	Yes	Yes
1.10 Spectral Bands	Yes	Yes
1.11 Sensor Calibration	Yes	Yes
1.12 Radiometric Accuracy	Yes	Yes
1.13 Algorithms	Yes	Yes
1.14 Ancillary Data	Yes	Yes
1.15 Processing Chain Provenance	Yes	Yes
1.16 Data Access	Yes	No
1.17 Overall Data Quality	Yes	Yes
2. Per-Pixel Metadata		
2.1 Metadata Machine Readability	Yes	Not Assessable
2.2 No Data	Yes	Yes
2.3 Incomplete Testing	Yes	Yes
2.4 Saturation	Yes	Yes
2.5 Cloud	Yes	Yes
2.6 Cloud Shadow	Yes	Yes
2.7 Land/Water Mask	Yes	Yes
2.8 Snow/Ice Mask	Yes	Yes
2.9 Terrain Shadow Mask	Yes	No
2.10 Terrain Occlusion	Yes	Yes
2.11 Illumination and Viewing Geometry	Yes	Yes
2.12 Aerosol Optical Depth Parameters	Yes	Yes
3. Radiometric and Atmospheric Corrections		
3.1 Measurement	Yes	No
3.2 Measurement Uncertainty	Yes	No
3.3 Measurement Normalisation	Yes	Yes
3.4 Directional Atmospheric Scattering	Yes	Yes
3.5 Water Vapour Corrections	Yes	Yes
3.6 Ozone Corrections	Yes	Yes
4. Geometric Corrections		
4.1 Geometric Correction	Yes	Yes

(a)

	Threshold	Target
1. General Metadata		
1.1 Traceability	Not applicable	Not assessed
1.2 Metadata Machine Readability	Verified	Not assessed *
1.3 Data Collection Time	Verified	Verified
1.4 Geographical Area	Verified	Verified
1.5 Coordinate Reference System	Verified	Verified
1.6 Map Projection	Verified	Verified
1.7 Geometric Correction Methods	Not applicable	Verified
1.8 Geometric Accuracy of the Data	Not applicable	Verified
1.9 Instrument	Verified	Verified
1.10 Spectral Bands	Verified	Verified*
1.11 Sensor Calibration	Not applicable	Verified
1.12 Radiometric Accuracy	Not applicable	Verified*
1.13 Algorithms	Verified	Verified
1.14 Ancillary Data	Verified	Verified
1.15 Processing Chain Provenance	Not applicable	Verified
1.16 Data Access	Verified	Not assessed
1.17 Overall Data Quality	Not applicable	Verified*
2. Per-Pixel Metadata		
2.1 Metadata Machine Readability	Verified	Not assessed
2.2 No Data	Verified	Verified
2.3 Incomplete Testing	Verified	Verified
2.4 Saturation	Verified	Verified
2.5 Cloud	Verified	Verified
2.6 Cloud Shadow	Verified	Verified
2.7 Land/Water Mask	Not applicable	Verified
2.8 Snow/Ice Mask	Not applicable	Verified
2.9 Terrain Shadow Mask	Not applicable	Not assessed
2.10 Terrain Occlusion	Not applicable	Verified
2.11 Illumination and Viewing Geometry	Verified*	Not assessed
2.12 Aerosol Optical Depth Parameters	Not applicable	Verified
3. Radiometric and Atmospheric Corrections		
3.1 Measurement	Verified*	Not assessed
3.2 Measurement Uncertainty	Not applicable	Not assessed
3.3 Measurement Normalisation	Not applicable	Verified*
3.4 Directional Atmospheric Scattering	Verified	Verified
3.5 Water Vapour Corrections	Verified	Verified
3.6 Ozone Corrections	Not applicable	Verified
4. Geometric Corrections		
4.1 Geometric Correction	Verified	Verified

*See explanation provided in the notes below

(b)

<그림 2-8> Landsat SR 영상의 CARD4L 요구사항 평가 결과: (a) 자체평가, (b) 동료평가

	Threshold	Target
1. General Metadata		
1.1 Traceability	Yes	Yes
1.2 Metadata Machine Readability	Yes	No
1.3 Data Collection Time	Yes	Yes
1.4 Geographical Area	Yes	Yes
1.5 Coordinate Reference System	Yes	Yes
1.6 Map Projection	Yes	Yes
1.7 Geometric Correction Methods	Yes	Yes
1.8 Geometric Accuracy of the Data	Yes	Yes
1.9 Instrument	Yes	Yes
1.10 Spectral Bands	Yes	Yes
1.11 Sensor Calibration	Yes	Yes
1.12 Radiometric Accuracy	Yes	Yes
1.13 Algorithms	Yes	Yes
1.14 Ancillary Data	Yes	Yes
1.15 Processing Chain Provenance	Yes	Yes
1.16 Data Access	Yes	No
1.17 Overall Data Quality	Yes	Yes
2. Per-Pixel Metadata		
2.1 Metadata Machine Readability	Yes	Not assessable
2.2 No Data	Yes	Yes
2.3 Incomplete Testing	Yes	Yes
2.4 Saturation	Yes	Yes
2.5 Cloud	Yes	Yes
2.6 Cloud Shadow	Yes	Yes
2.7 Snow/Ice Mask	Yes	Yes
2.8 Illumination and Viewing Geometry	Yes	Yes
3. Radiometric and Atmospheric Corrections		
3.1 Measurement	Yes	Yes
3.2 Corrections for Atmosphere and Emissivity	Yes	Yes
3.3 Measurement Uncertainty	Yes	Yes
4. Geometric Corrections		
4.1 Geometric Correction	Yes	Yes

(a)

	Threshold	Target
1. General Metadata		
1.1 Traceability	Not required	Not verified*
1.2 Metadata Machine Readability	Verified	Not assessed
1.3 Data Collection Time	Verified	Verified
1.4 Geographical Area	Verified	Verified
1.5 Coordinate Reference System	Verified	Verified
1.6 Map Projection	Not required	Verified
1.7 Geometric Correction Methods	Not required	Verified
1.8 Geometric Accuracy of the Data	Verified	Verified
1.9 Instrument	Verified	Verified
1.10 Spectral Bands	Verified	Verified
1.11 Sensor Calibration	Not required	Verified
1.12 Radiometric Accuracy	Not required	Verified
1.13 Algorithms	Verified	Verified
1.14 Ancillary Data	Verified	Verified
1.15 Processing Chain Provenance	Not required	Verified
1.16 Data Access	Verified	Not assessed
1.17 Overall Data Quality	Not required	Not verified*
2. Per-Pixel Metadata		
2.1 Metadata Machine Readability	Verified	Not assessed
2.2 No Data	Verified	Verified
2.3 Incomplete Testing	Verified	Verified
2.4 Saturation	Verified	Verified
2.5 Cloud	Verified	Verified
2.6 Cloud Shadow	Verified	Verified
2.7 Snow/Ice Mask	Not required	Verified
2.8 Illumination and Viewing Geometry	Verified	Not assessed
3. Radiometric and Atmospheric Corrections		
3.1 Measurement	Verified	Not verified*
3.2 Corrections for Atmosphere and Emissivity	Verified	Verified
3.3 Measurement Uncertainty	Not required	Not verified*
4. Geometric Corrections		
4.1 Geometric Correction	Verified	Verified

*See explanation provided in the notes below

(b)

<그림 2-9> Landsat ST 영상의 CARD4L 요구사항 평가 결과: (a) 자체평가, (b) 동료평가

(2) Landsat ARD 제품군 분석

(가) Landsat ARD 제품군 분류

Landsat 영상은 크게 Collection, Level, Tier의 단위로 분류된다. 각 분류 기준에 대한 소개는 다음과 같다.

□ Collection

- USGS는 Landsat 아카이브를 Collection 1과 Collection 2라는 계층화된 구조로 관리하고 있다. Collection 단계를 통해 획득되는 모든 데이터에 대한 접근과, 개선된 데이터에 대한 접근이 모두 가능하게 되었다. Collection 1 제품은 제한된 보정 단계를 거쳐 신속하게 사용자에게 제공될 수 있도록 다운 즉시 처리되는 임시 데이터를 제공하는 목적으로 정의되었다. Collection 2 제품은 Collection 1에 비해 향상된 품질의 데이터를 제공한다. 향상된 데이터 목록은 아래의 표 2-17에 기재하였다.

<표 2-17> Landsat Collection 2 향상된 데이터 목록

Collection 2 향상된 데이터 목록
기하 정확도
DEM
방사 보정
더 많은 정보를 포함하는 품질평가 밴드(QA band)
더 많은 정보를 포함하는 메타데이터 파일
클라우드에 최적화된 파일 포맷(COG: Cloud Optimized GeoTIFF)

□ Level

- Landsat 영상의 처리 단계를 의미하는 Level은 1~3단계로 구분된다. 1단계에는 전처리 과정을 거치지 않은 L1TP, L1GT, L1GS의 제품이 산출된다. 1단계의 제품에 기하보정, 방사보정, 대기보정 등의 전처리 과정을 거치고 추가 처리 작업을 진행한 뒤 해당 정보를 함께 포함하여 2단계의 Landsat ARD를 생성한다. 2단계의 산출물로는 SR, ST 등이 있다. 나아가, 2단계의 ARD 제품에서 제공된 정보를 바탕으로 추가 작업을 실행하여 3단계의 산출물을 생성할 수 있다. 3단계의 산출물로는 DSWE, fSCA, BA 등이 있다(그림 2-10).

Processing Level	Products		
Level 1	L1TP	L1GT	L1GS
Level 2	SR*		ST*
Level 3	DSWE	fSCA	BA

<그림 2-10> 처리 단계별 Landsat 산출물

□ Tier

- 영상의 품질에 따라 Tier 1과 Tier 2로 구분된다. Tier 1은 데이터의 품질이 높은 영상을 의미하며, 시계열 분석에 적합한 특징을 지닌다. Tier 1의 허용 오차는 위치정확도 12m RMSE 이 내이다. Tier 2는 Tier 1의 기준을 충족하지 않는 영상을 포함한다.

(나) 분석 대상 선정

위에서 기술한 내용을 토대로 Landsat ARD인 Collection 1 level 2 제품과 Collection 2 level 2 제품 중 품질 속성 정보가 다양하며 정확도가 개선되고, 더 많은 항목을 포함하는 collection 2 제품을 분석 대상으로 선정하였다. SR과 ST는 개별 다운로드가 가능하며, 본 분석에서는 두 제품을 모두 포함하는 SP(Science Product)를 대상으로 선정하였다. 분석에 사용한 데이터는 CEOS ARD 홈페이지(cegs.org)에서 공개된 샘플 데이터 중 Landsat 7(ETM+) Collection 2 Level 2의 SP를 사용하였다. 데이터 획득 경로에 대해서는 (마) 절에서 다시 설명한다.

(다) 제품 사양

Landsat ARD의 제품 사양을 파악하기 위해 USGS에서 제공하는 Landsat Collection 1 U.S. ARD Data Format Control Book 문서를 분석하였으며, 그 결과를 아래와 같이 정리하였다 (USGS, 2020a).

① 투영법, 타원체 및 파일 형식

Landsat ARD 제품은 Alber Equal Area(AEA) 원추형 투영법을 사용하여 생성되며, WGS84 타원체를 통해 처리된다. 처리된 자료는 GeoTIFF 형태로 제공된다. Landsat ARD 투영법 정보는 아래의 표 2-18과 같다.

<표 2-18> Landsat ARD 투영법 매개변수(USGS, 2020a)

U.S. Landsat Analysis Ready Data (ARD) Projection Parameters			
	Conterminous U.S.	Alaska	Hawaii
First standard parallel (degrees)	29.5	55.0	8.0
Second standard parallel (degrees)	45.5	65.0	18.0
Longitude of central meridian (degrees)	-96.0	-154.0	-157.0
Latitude of projection origin (degrees)	23.0	50.0	3.0
False easting / northing (meters)	0.0	0.0	0.0

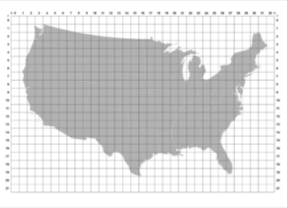
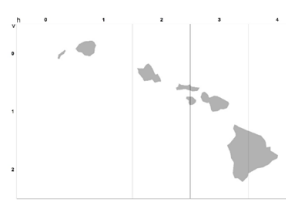

② ARD 격자 체계

ARD 격자란 정의된 그리드 시스템에서 네 정적 모서리의 점으로 지정된 단위 영역을 의미한다. Landsat ARD 제품은 WELD(Web-Enabled Landsat Data) 시스템을 일부 변형한 격자 체계를 사용한다. 5,000×5,000의 형태로 각 픽셀은 30m의 해상도(즉 150km²×150km²)를 지닌다. 표 2-19는 Landsat ARD 격자 영역 정보를 나타낸다. 표 2-20는 미국 영토 별 Landsat ARD의 격자 규격 정보를 나타낸다.

<표 2-19> Landsat ARD 격자 영역(USGS, 2020a)

U.S. Landsat Analysis Ready Data (ARD) Tile Grid Extents								
	Upper Left (ul) Tile corner, in meters				Lower Right (lr) Tile corner in meters			
	(h)	(v)	ulX	ulY	(h)	(v)	lrX	lrY
CONUS	0	0	-2565585	3314805	32	21	2384415	14805
Alaska	0	0	-851715	2474325	16	13	1698285	374325
Hawaii	0	0	-444345	2168895	4	2	305655	1718895

<표 2-20> 미국 영토 별 Landsat ARD 기본 사양(USGS, 2020a)

	미국 본토	하와이	알래스카
ARD 격자			
격자간격	150km ² × 150km ² (5000 × 5000, 30m 해상도)		
투영법	AEA		Alaska Alber
타원체	WGS84		

(라) 제품 구성 분석

① Landsat ARD SP 제품 구성 목록

Landsat ARD SP 제품은 SR과 ST를 모두 포함하는 패키지이며 구성요소는 표 2-21과 같다.

<표 2-21> 제품 구성 목록(USGS, 2020a)

항목
SR 이미지 파일
ST 이미지 파일
방사 포화도 및 미결 픽셀 품질 속성 밴드(QA_RADSAT)
품질 속성 밴드(QA_PIXEL)
ST 품질 속성 밴드(ST_QA)
SR 구름 품질 속성 (SR_CLOUD_QA)
SR 대기 불투명도
메타데이터
Angle Coefficient file
ST 중간 계산 밴드
체크섬

② 제품명 작성 요령

Landsat ARD 구성 요소의 제품명은 아래 그림 2-11에 나온 제품명 작성 규칙에 맞추어 생성된다.

LXSS_LLLL_PPPRRR_YYYYMMDD_yyyymmdd_CX_TX
(e.g., LE07_L2SP_039037_20080728_20200319_02_T1_SR_B1)

L Landsat
X Sensor ("E" = ETM+; "T" = TM)
SS Satellite ("07" = Landsat 7; "05" = Landsat 5; "04" = Landsat 4)
LLLL Processing correction level ("L2SP" if SR and ST are generated or "L2SR" if ST could not be generated)
PPP Path
RRR Row
YYYY Year of acquisition
MM Month of acquisition
DD Day of acquisition
yyyy Year of Level 2 processing
mm Month of Level 2 processing
dd Day of Level 2 processing
CX Collection number ("02")
TX Collection category ("RT" = Real Time; "T1" = Tier 1; "T2" = Tier 2)

<그림 2-11> Landsat 4-7 Collection 2 L2SP 제품명 작성 규칙 (USGS, 2020a)

③ 밴드별 사양

표 2-22에서와 같이 SR 밴드는 총 6개로 구성되어 있으며, GeoTIFF 파일 이름에 기재된 SR_B1부터 SR_B7까지의 밴드 이름으로 구분 가능하다. 별도의 단위는 존재하지 않고, 16비트로 구성되어 있으며 1부터 65535까지의 유효한 값을 지닌다. 비트 값이 0인 경우 데이터가 없음을 의미하고, 65535 이상의 값은 센서값이 방사 해상도를 벗어나는 데이터 과포화 상태를 의미한다.

<표 2-22> SR band 사양(USGS, 2020a)

Band Number	Identifier FT	Units	Valid Range	Fill Value	Saturate Value
1	SR_B1	Unitless	1 through 65455	0 (No Data)	65535
2	SR_B2	Unitless	1 through 65455	0 (No Data)	65535
3	SR_B3	Unitless	1 through 65455	0 (No Data)	65535
4	SR_B4	Unitless	1 through 65455	0 (No Data)	65535
5	SR_B5	Unitless	1 through 65455	0 (No Data)	65535
7	SR_B7	Unitless	1 through 65455	0 (No Data)	65535

6번 밴드는 ST 밴드로, 이름에 ST_B6를 포함하는 GeoTIFF 형식의 파일로 저장되어 있다. SR 밴드와 비슷한 사양을 지니지만, 단위가 Kelvin이라는 차이점이 있다.

ST 밴드를 계산하기 위해 사용된 7개의 중간 단계 밴드들의 사양은 위의 표 2-23과 같다. 다양한 품질 속성 밴드(QA 밴드)의 사양은 표 2-24에 나타나 있다.

<표 2-23> ST intermediate band 사양(USGS, 2020a)

Band Name	Identifier FT	Data Type	Units	Valid Range	Fill Value	Scale Factor
Thermal band converted to radiance	ST_TRAD	INT16	W/(m ² sr μm)/DN	0 through 22000	-9999 (No Data)	0.001
Upwelled Radiance	ST_URAD	INT16	W/(m ² sr μm)/DN	0 through 28000	-9999 (No Data)	0.001
Downwelled Radiance	ST_DRAD	INT16	W/(m ² sr μm)/DN	0 through 28000	-9999 (No Data)	0.001
Atmospheric Transmittance	ST_ATRAN	INT16	Unitless	0 through 10000	-9999 (No Data)	0.0001
Emissivity estimated from ASTER GED	ST_EMIS	INT16	Emissivity coefficient	0 through 10000	-9999 (No Data)	0.0001
Emissivity standard deviation	ST_EMISD	INT16	Emissivity coefficient	1 through 10000	-9999 (No Data)	0.0001
Pixel distance to cloud	ST_CDIST	INT16	Kilometers	0 through 24000	-9999 (No Data)	0.01

<표 2-24> QA 밴드 사양(USGS, 2020a)

Band Name	Identifier FT	Data Type	Units	Range	Fill Value	Scale Factor
Level-1 QA Band	QA_PIXEL	UINT16	Bit Index	0 through 65535	1 (bit 0)	NA
Level-1 Radiometric Saturation QA	QA_RADSAT	UINT16	Bit Index	0 through 65535	NA	NA
Internal SR Atmospheric Opacity	SR_ATMOS_OPACITY	INT16	NA	0 through 32767	-9999 (No Data)	NA
Cloud QA	SR_CLOUD_QA	UINT8	Bit Index	0 through 255	NA	NA
Surface Temperature QA	ST_QA	INT16	Kelvin	0 through 32767	-9999 (No Data)	0.01

④ 밴드별 속성

CARD4L에서 요구하는 일반 메타데이터와 픽셀 메타데이터, 그리고 방사 보정, 기하/대기 보정 항목을 Landsat ARD 데이터의 메타데이터 및 각 밴드별 속성을 비교하여 분석하였다.

픽셀별 품질 속성 정보를 포함하는 QA 밴드에서는 표 2-25의 항목을 나타내어 해당 픽셀값의 유효성을 판별한다. 해당 밴드는 Level 1의 밴드와 같은 값을 나타낸다. 즉 CFMask 알고리즘으로 도출된 값들이며 16비트 COG영상으로 제공된다.

<표 2-25> QA_PIXEL 밴드 비트 속성(USGS, 2020a)

Bit	Flag Description	Values
0	Fill	0 for image data 1 for fill data
1	Dilated Cloud	0 for cloud is not dilated or no cloud 1 for cloud dilation
2	Unused	Unused
3	Cloud	0 for cloud confidence is not high 1 for high confidence cloud
4	Cloud Shadow	0 for Cloud Shadow Confidence is not high 1 for high confidence cloud shadow
5	Snow	0 for Snow/Ice Confidence is not high 1 for high confidence snow cover
6	Clear	0 if Cloud or Dilated Cloud bits are set 1 if Cloud and Dilated Cloud bits are not set
7	Water	0 for land or cloud 1 for water
8-9	Cloud Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Medium confidence 11 High confidence
10-11	Cloud Shadow Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Reserved 11 High confidence
12-13	Snow/Ice Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Reserved 11 High confidence
14-15	Unused	Unused

픽셀별 방사 포화도와 픽셀 값의 유무 정보를 포함하는 RADSAT QA 밴드에서는 표 2-26의 항목을 나타내어 해당 픽셀값의 유효성을 판별한다.

SR Cloud QA 밴드(표 2-27)는 QA 밴드와는 다르게 Level 2 처리 단계에 맞게 LEPAPS 알고리즘을 통해 생성된 값으로, Level 1의 값을 유지하는 QA 밴드보다 더 향상된 성능과 값을 제시한다.

<표 2-26> RADSAT QA 밴드 비트 속성(USGS, 2020a)

Bit	Flag Description	Values
0	Band 1 Data Saturation	0 no saturation 1 saturated data
1	Band 2 Data Saturation	0 no saturation 1 saturated data
2	Band 3 Data Saturation	0 no saturation 1 saturated data
3	Band 4 Data Saturation	0 no saturation 1 saturated data
4	Band 5 Data Saturation	0 no saturation 1 saturated data
5	Band 6L Data Saturation	0 no saturation 1 saturated data
6	Band 7 Data Saturation	0 no saturation 1 saturated data
7	Unused	0 not checked
8	Band 6H Data Saturation	0 no saturation 1 saturated data
9	Dropped Pixel	0 Pixel present 1 detector doesn't have a value – no data
10	Unused	0
11	Unused	0
12	Unused	0
13	Unused	0
14	Unused	0
15	Unused	0

<표 2-27> SR CLOUD QA 밴드 비트 속성(USGS, 2020a)

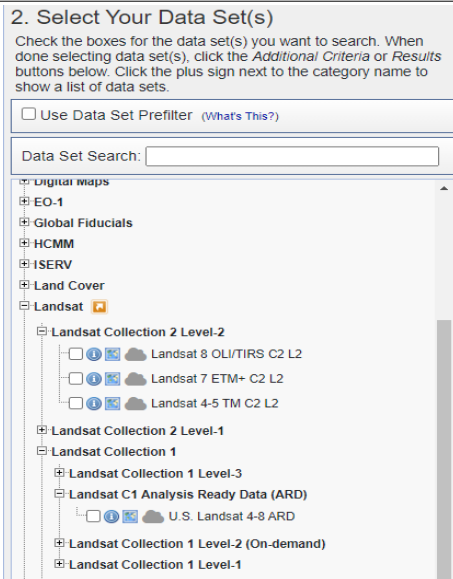

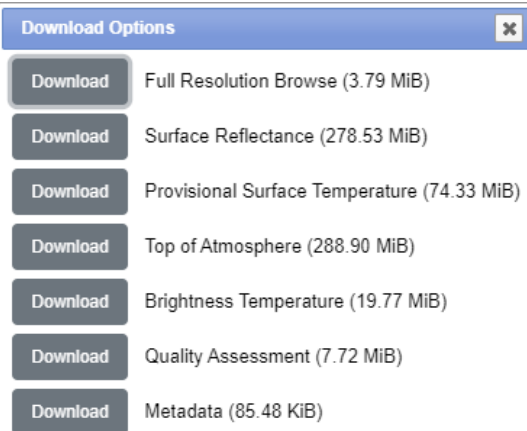
Bit	Flag Description	Values
0	Dark Dense Vegetation (DDV)	0 Pixel has no DDV 1 Pixel has DDV
1	Cloud	0 Pixel has no cloud 1 Pixel has cloud
2	Cloud Shadow	0 Pixel doesn't have cloud shadow 1 Pixel has cloud shadow
3	Adjacent to Cloud	0 Pixel is not adjacent to cloud 1 Pixel is adjacent to cloud
4	Snow	0 Pixel is not snow 1 Pixel is snow
5	Water	0 Pixel is not water 1 Pixel is water
6	Unused	
7	Unused	
0 is Least Significant Bit, 7 is Most Significant Bit		

(마) 샘플 데이터 분석

① 샘플 데이터 획득 경로

USGS Landsat 영상은 USGS earth explorer 공식 홈페이지(<https://earthexplorer.usgs.gov/>)를 통해 1년간 무료로 제공된다. 해당 홈페이지에서 Landsat ARD 영상을 받는 경로는 표 2-28에 정리되어 있다.

<표 2-28> USGS earth explorer를 통한 데이터 획득 과정

절차 화면	설명
<p>① 데이터 종류 선택</p> 	<p>좌측의 그림과 같이 해당 홈페이지의 dataset 선택란에서 Landsat ARD를 선택한다.</p> <p>Collection 2 Level-2와 Collection 1 Analysis Ready Data(ARD) 분류의 제품이 Landsat ARD이다. Collection 2 ARD 제품의 경우에는 Landsat 4-5(TM), 7(ETM+), 8(OLI/TIRS) 종류를 선택하여 데이터를 획득할 수 있다.</p>
<p>② 내려받을 데이터 선택</p> 	<p>단계 ① 이후에 좌측과 같은 데이터 항목 창을 확인할 수 있다. 해당 창에서 원하는 데이터를 선택하여 다운로드 버튼을 클릭한다.</p>
<p>③ 내려받은 데이터 패키지 선택</p> 	<p>원하는 데이터의 다운로드 버튼을 누르면 좌측의 그림과 같은 패키지 선택 창이 나타난다. 해당 그림은 Collection 1 ARD에 대한 화면이며, Collection 2 ARD의 경우 비슷하지만 패키지 내용이 다른 창이 뜨는 것을 확인할 수 있다. 해당 창에서 원하는 패키지의 Download 버튼을 클릭하면 자료를 내려받을 수 있다.</p>

② 제품 구성 목록

분석 대상 제품은 L2SP 제품군으로, ST와 SR 산출물이 모두 포함되어 있다. 파일을 열어 확인해본 제품의 구성 목록은 그림 2-12과 같다.

LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_MTL
LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ANG
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_URAD
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_TRAD
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_QA
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_EMSP
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_EMIS
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_DRAD
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_CDIST
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_B6
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_ATRAN
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_CLOUD_QA
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B7
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B5
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B4
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B3
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B2
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B1
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_ATMOS_OPACITY
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_QA_RADSAT
TIF LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_QA_PIXEL
NOD LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_thumb_small
NOD LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_thumb_large
LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_MTL
LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_stac
LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_stac
LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_MTL

<그림 2-12> 샘플 데이터 제품 구성 목록

해당 파일들에 대한 세부 사항은 아래 표 2-29에 나열하였다.

<표 2-29> Landsat ARD 제품 구성 파일의 세부사항

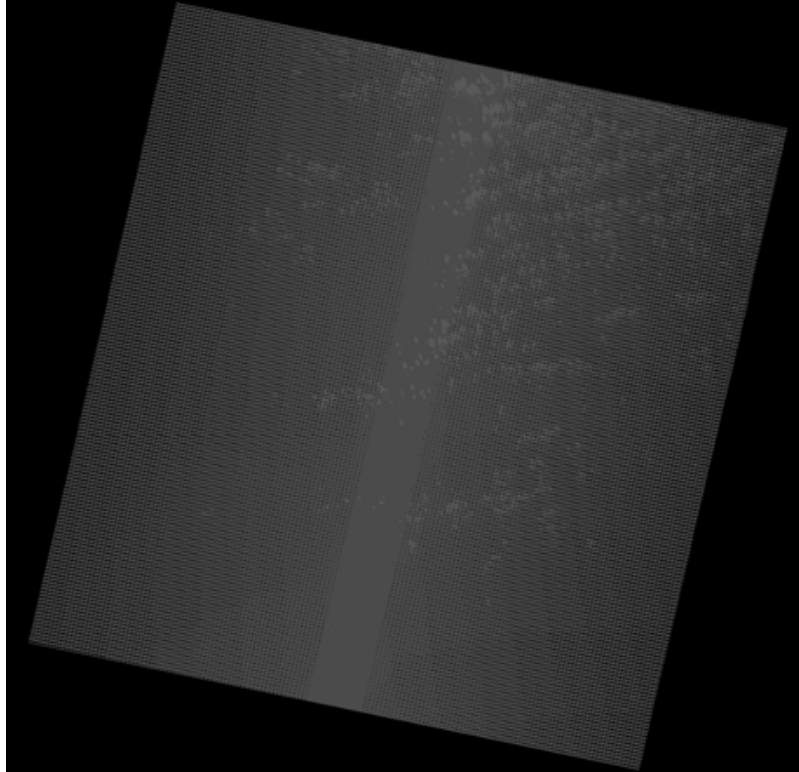
분류 및 구성 파일 목록		
1		L2 ODL(Object Description Language) 메타데이터 파일
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_MTL(landsat metadata).txt
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_MTL.xml
2		각 상관계수 (Angle Coefficient) 파일
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ANG.txt
3		ST Intermediate Band 파일
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_URAD.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_TRAD.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_EMSD.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_EMIS.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_DRAD.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_CDIST.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_ATRAN.tif
4		밴드별 QA 파일
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_QA.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_CLOUD_QA.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_ATMOS_OPACITY.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_QA_RADSAT.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_QA_PIXEL.tif
5		SR 각 밴드별 영상 파일
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B1.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B2.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B3.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B4.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B5.tif
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B7.tif
6		ST 밴드 영상 파일
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_SR_B6.tif
7		썸네일 파일
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_thumb_small.jpg
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_thumb_large.jpg
8		json 형식의 메타데이터
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_stac.json
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_stac.json
		LE07_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_ST_stac.json

③ QA 밴드 분석

GeoTIFF 포맷의 Landsat QA 파일의 픽셀 값을 분석하기 위해 오픈소스 소프트웨어인 Q-GIS를 사용하였다.

□ 픽셀품질정보 밴드 분석

아래의 그림 2-13은 픽셀품질정보밴드분석을 나타내며, 파일명은 LEO7_L2SP_042027_20050927_20200914_02_T1_QA_PIXEL.tif 이다.



<그림 2-13> 픽셀품질정보밴드분석

표 2-30에서 픽셀의 속성값에 대해 2진값으로 나타낸 값을 표 2-25에서 기술한 밴드별 속성 정보를 통해 분석한 결과는 표 2-31과 같다.

<표 2-30> PIXEL QA 밴드 픽셀값 추출 결과

밴드명	열	행	10진값	2진값
PIXEL_QA	3958	3747	5896	0001011100001000
PIXEL_QA	3932	3606	5440	0001010101000000
PIXEL_QA	3619	3753	7440	0001110100010000
PIXEL_QA	4611	1964	7442	0001110100010010
PIXEL_QA	4700	1922	1	0000000000000001

<표 2-31> PIXEL QA 밴드 픽셀 값 분석 결과

값	12-13	10-11	8-9	7	6	5	4	3	1	0	분석	분석 결과
5896	01	01	11	0	0	0	0	1	0	0	high confidence cloud low confidence cloud shadow low confidence snow/ice shadow	cloud
5440	01	01	01	0	1	0	0	0	0	0	low confidence cloud, cloud shadow, snow/ice land	land
7440	01	11	01	0	0	0	1	0	0	0	high confidence cloud shadow low confidence cloud, snow/ice	cloud shadow
7442	01	11	01	0	0	0	1	0	0	1	high confidence cloud shadow, fill value	
1	00	00	00	0	0	0	0	0	0	0	empty	empty

□ SR밴드 구름품질정보 분석



<그림 2-14> SR밴드 구름품질정보분석

그림 2-14은 SR 구름품질정보 밴드인데, 표 2-32에서와 같이 8비트의 값으로 구성되어 해당 픽셀의 구름 속성정보에 대한 신뢰도 정보를 제공한다.

<표 2-32> SR CLOUD QA 밴드 픽셀값 추출 및 분석 결과

밴드명	열	행	10진값	2진값	5	4	3	2	1	0	분석 결과
SR CLOUD QA	4877	3198	8	00001000	0	0	1	0	0	0	adjacent to cloud
SR CLOUD QA	3958	3747	2	00000010	0	0	0	0	1	0	cloud
SR CLOUD QA	3932	3606	0	00000000	0	0	0	0	0	0	no cloud
SR CLOUD QA	3619	3753	4	00000100	0	0	0	1	0	0	cloud shadow

아래의 표 2-33은 픽셀품질정보 밴드와 SR 구름품질정보 밴드의 같은 위치의 픽셀 값을 비교 분석한 결과를 나타낸다. 픽셀품질정보를 이용하여 특정 픽셀에 구름(또는 구름 그림자)이 존재하는지를 알 수 있고, 구름 품질정보 밴드를 이용하면 신뢰도까지 얻을 수 있는 것을 확인했다.

<표 2-33> PIXEL QA 밴드와 SR CLOUD QA 픽셀값 비교 분석

열	행	밴드명	픽셀값	분석 결과
3958	3747	PIXEL QA	cloud	high confidence cloud low confidence cloud shadow low confidence snow/ice shadow
3958	3747	SR CLOUD QA	cloud	
3932	3606	PIXEL QA	land	low confidence cloud, cloud shadow, snow/ice land
3932	3606	SR CLOUD QA	no cloud	
3619	3753	PIXEL QA	cloud shadow	high confidence cloud shadow low confidence cloud, snow/ice
3619	3753	SR CLOUD QA	cloud shadow	

④ CARD4L 요구사항 항목 포함 현황

메타데이터 파일과 QA 밴드 등을 분석하여 CARD4L의 일반 메타데이터, 픽셀 별 메타데이터 요구사항과 비교한 결과를 아래의 표 2-34와 표 2-35에 나타내었다.

<표 2-34> 일반 메타데이터 항목 비교 결과

번호	CARD4L 요구사항 항목	Landsat ARD 포함 여부
1	추적가능성 (Traceability)	-
2	기계가독형 메타데이터 (Metadata Machine Readability)	○
3	자료취득시간 (Data Collection Time)	○
4	지리적 위치 (Geographical Area)	○

5	좌표계 (Coordinate Reference System)	○
6	투영법 (Map Projection)	○
7	기하보정법 (Geometric Correction Methods)	○
8	기하정확도 (Geometric Accuracy of the Data)	○
9	장비 (Instrument)	○
10	분광밴드 (Spectra Bands)	○
11	센서보정 (Sensor Calibration)	○
12	복사정확도 (Radiometric Accuracy)	○
13	알고리즘 정보 (Algorithms)	○
14	보조자료 (Auxiliary Data)	○
15	처리과정 (Processing Chain Provenance)	○
16	자료 접근 (Data Access)	○
17	종합 자료 품질 (Overall Data Quality)	○

<표 2-35> Per-pixel 메타데이터 항목 비교 결과

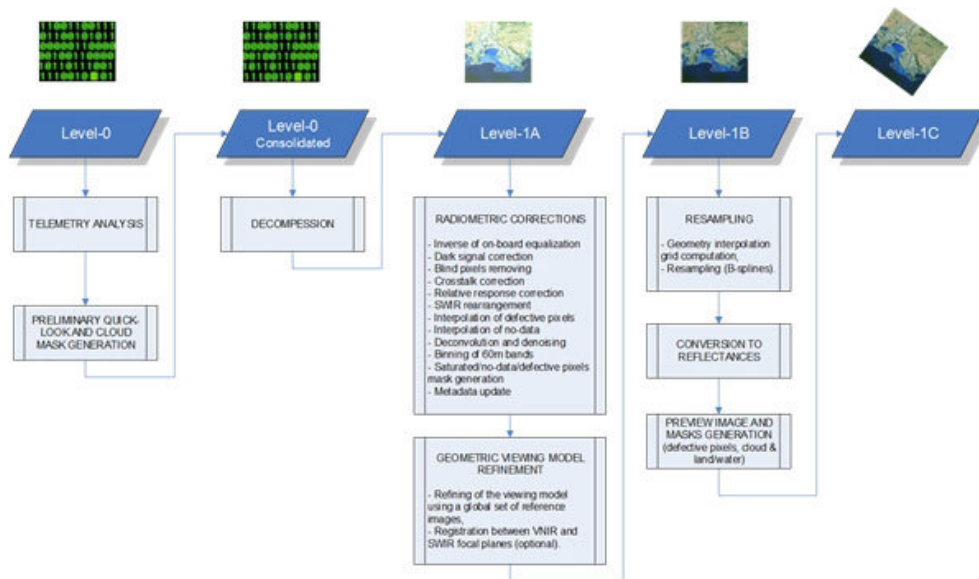
번호	CARD4L 요구사항 항목	Landsat ARD 포함 여부
1	기계가독형 메타데이터 (Metadata Machine Readability)	○
2	미획득 자료 (No Data)	○
3	손실 자료 (Incomplete Testing)	○
4	포화도 (Saturation)	○
5	구름 (Cloud)	○
6	구름 그림자 (Cloud Shadow)	○
7	육상/수계 마스크 (Land/Water Mask)	○
8	눈/빙 마스크 (Snow/Ice Mask)	○
9	지형그림자 마스크 (Terrain Shadow Mask)	○
10	지형차폐 (Terrain Occlusion)	○

11	광원 및 센서 시야각 기하정보 (Solar and Viewing Geometry)	○
12	지형 조명 보정 (Terrain Illumination Correction)	○
13	에어로졸 광학두께 매개변수 (Aerosol Optical Depth Parameters)	-

나) ESA

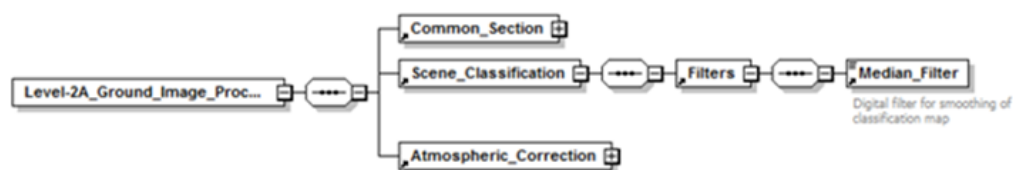
유럽 우주국(European Space Agency, ESA)은 과거부터 지속적으로 위성을 발사하여 선진화된 위성시스템을 구축 및 운영하고 있다. 대표적으로는 Sentinel 위성을 운용 및 관리하고 있으며, Sentinel에서 취득된 영상을 사용자들에게 무료로 제공하고 있다. Sentinel은 SAR가 탑재된 Sentinel-1호, 다중분광센서가 탑재된 Sentinel-2호와 Sentinel-3호로 구분된다. 그 중 지구현상관측 목적으로 운용되고 있는 Sentienl-2호는 2015년과 2016년에 각기 1기씩 발사되어 운용 중이며, 밴드별로 10m, 20m, 그리고 60m의 공간해상도 영상을 제공한다. 이처럼 총 2개의 위성을 운용하는 Sentinel-2호의 위성영상 촬영주기는 5일로 촬영주기가 14일인 USGS의 Landsat 위성보다 다수의 영상을 취득하여 사용자들에게 제공하고 있다. ESA는 사용자들이 Sentienl-2호 위성영상을 편리하게 활용할 수 있게 ARD를 구축하여 무료로 제공하고 있다.

ESA는 Sentinel-2호 위성영상을 사용자들에게 ARD로 제공해주기 위해 그림 2-15와 같은 Payload data ground segment (PDGS)를 통해 체계적으로 전처리과정을 수행하여 위성영상을 가공한다 (ESA , 2015). Sentinel-2호에서 취득된 원본 위성영상은 Instrument source packet (ISP) 형식으로 압축된 영상이며, Level-0로 분류된다. Level-1A는 Level-0를 압축 해제한 영상이다. Level-1B는 Level-1A에서 방사 및 대기보정을 수행하여 DN을 TOA로 변환하고 Sensor calibration을 수행한 영상이며, Refined geometric model을 포함하고 있다. Level-1C 는 DEM을 기반으로 Level-1B에 대한 정사보정 수행 후 다양한 스펙트럼 대역의 센서 분해능에 따라 10m, 20m, 그리고 60m의 일정한 GSD로 Resampling된 영상이다. Level-2A는 Level-1C를 Bottom of atmosphere (BOA) reflectance로 변환한 다음 픽셀단위정보를 함께 구축하여 제공하는 영상이다. 실질적으로 사용자들에게는 위 영상들 중 Level-1C와 Level-2A만 제공된다.



<그림 2-15> PDGS 기반의 Sentinel 위성영상 전처리 수행 과정(ESA , 2015)

Sentinel-2호 위성영상은 Level-2A부터 자체적으로 픽셀단위정보를 구축하여 Scene classification layer라는 하나의 밴드 형식으로 사용자들에게 제공하고 있다. ESA는 그림 2-16과 같은 Ground image processing parameter (GIPP) of the scene classification module을 활용하여 픽셀단위정보를 구축한다 (ESA , 2016). 이러한 모듈을 통해 제작된 Sentinel-2의 픽셀단위정보는 8bit 영상에 20m와 60m 해상도로 각기 제공되며, 픽셀단위정보 항목은 그림 2-17과 같다. Sentinel-2의 픽셀단위정보는 CARD4L에서 요구하는 항목뿐만 아니라 그림과 같이 식생 및 비식생지역에 대한 정보도 추가적으로 제공해준다. 또한, ESA는 Sentinel-2 픽셀단위 정보 항목 중 구름 및 눈 정보에 대한 신뢰도 정보를 그림 2-18과 같이 사용자들에게 추가적으로 제공해준다. CARD4L에서 요구하는 최소요구사항 및 목표요구사항에 대한 자체 및 동료 평가 결과는 추후 공지될 예정이다.



<그림 2-16> GIPP of the scene classification module(ESA, 2016)

Scene Classification [Image Data]		
Range	0	No Data (Missing data on projected tiles) (black)
	1	Saturated or defective pixel (red)
	2	Dark features / Shadows (very dark grey)
	3	Cloud shadows (dark brown)
	4	Vegetation (green)
	5	Not vegetated (dark yellow)
	6	Water (dark and bright) (blue)
	7	Unclassified (dark grey)
	8	Cloud medium probability (grey)
	9	Cloud high probability (white)
	10	Thin cirrus (very bright blue)
	11	Snow or ice (very bright pink)
Sampling	8 bit/sample	
Resolution	60 m, 20 m	

<그림 2-17> Sentinel-2호 픽셀단위정보 항목 및 세부사항(ESA, 2016)

Cloud Probability [QI Data]		Snow Probability [QI Data]	
Unit	percentage	Unit	percentage
Range	0 - 100	Range	0 – 100
Sampling	8 bit/sample	Sampling	8 bit/sample
Resolution	60 m, 20 m	Resolution	60 m, 20 m

(a)
(b)

<그림 2-18> 픽셀단위정보에 대한 신뢰도 정보: (a) Cloud mask의 신뢰도, (b) Snow mask의 신뢰도(ESA, 2016)

ESA는 단계적으로 Sentinel-2호 위성영상을 전처리하여 얻어진 Level-1C와 Level-2A를 사용자들에게 제공하고 있으며, 2018년부터 제공되는 Level-2A가 ARD 구축 요건에 부합한다. 2018년 이전에 취득된 데이터들은 Level-2A 형식이 아니므로 ARD로 활용하기 위해서는 추가적인 작업이 요구되며, 이에 ESA는 Level-1C를 Level-2A로 변환해주는 Sen2Cor processing module을 제공한다 (ESA, 2021). Sen2Cor은 ESA에서 제공하는 Sentinel 영상처리 프로그램인 ESA's sentinel application platform (SNAP)과 Github에서 무료로 제공된다. 또한, ESA는

Sen2Cor로 생성된 Level-2A의 BOA와 픽셀단위정보에 대한 품질검증도 자체적으로 수행하여 사용자들에게 그림 2-19와 같이 제공하고 있다.

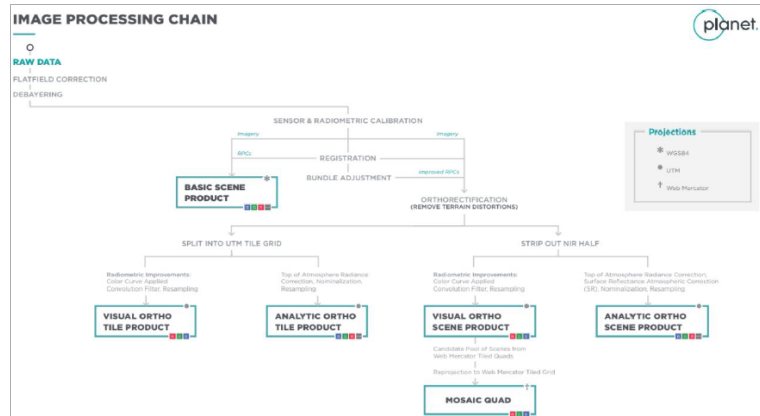
Requirement	Description	Measured performance
Surface reflectance accuracy	Uncertainty of Bottom-of-Atmosphere reflectance ρ shall be less than $0.05\rho_{\text{reference}} + 0.005$	Uncertainty (U): all bands outside specification Accuracy: B5 and B12 outside specification for U, all other bands within
Water Vapour accuracy	The difference ΔWV of retrieved Water vapour to reference from AERONET WV_{ref} shall be within $ \Delta WV \leq 0.1 * WV_{\text{ref}} + 0.2$	92% of retrieved Water vapour values are within requirement
Aerosol Optical Depth accuracy	The difference ΔAOT of retrieved Aerosol optical thickness at 550 nm to reference from AERONET AOT_{ref} shall be within $ \Delta AOT \leq 0.1 * AOT_{\text{ref}} + 0.03$	41% of retrieved Aerosol optical thickness values at 550 nm are within requirement
Classification accuracy	No requirement defined.	omission and commission classification errors are 15% and 16% for recognition of clear pixels over land and water

<그림 2-19> Sen2Cor를 통해 생성된 데이터 품질(ESA, 2021)

다) Planet

미국의 Planet은 PlanetScope, RapidEye, Skysat 등 다양한 고해상도 위성을 발사 및 운영하고 있다(Planet, 2016). Planet은 자사 위성영상의 효율적인 관리 및 사용자들에게 고품질 데이터를 제공하기 위해 ARD 필요성을 인지하고, PlanetScope와 Rapideye에서 취득된 고해상도 위성영상을 ARD로 구축하여 배포하고 있다.

PlanetScope 영상은 그림 2-20(a)와 같은 전처리 수준에 따라 그림 2-20(b)와 같이 총 3가지 형식으로 구분된다. Level 1B는 간단한 방사 및 기하보정만 처리된 영상, Level 3B는 정사보정된 영상과 표면반사율 영상, Level 3A는 Level 3B 영상을 UTM 좌표로 투영시킨 영상이다. Level 3B부터 ARD 구축 기준요건에 충족하며, 총 4가지 형식의 데이터가 함께 제공된다. Level 3B와 3A 영상은 GeoTiff 형식의 위성영상 및 섬네일 파일, 메타데이터, Unusable data mask, Usable data mask가 제공된다. Level 3B와 3A 영상 모두 정사보정된 영상으로 약 3 pixel 이하의 기하정확도를 가지고 있으며, 메타데이터를 통해 방사 및 대기보정 계수를 제공하고, 표면반사율 영상을 개별적으로 제공한다(Planet, 2020).



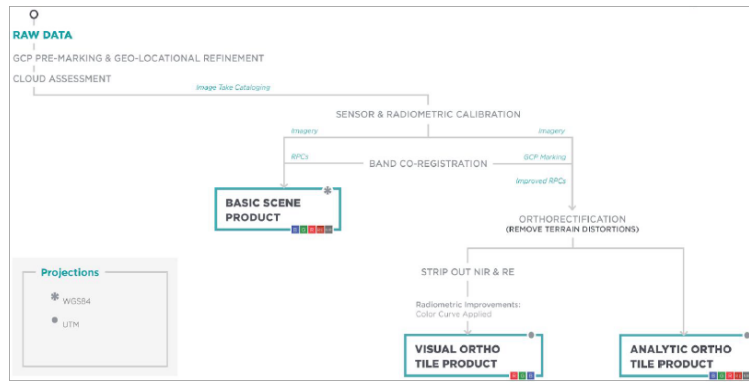
(a)

Name	Description	Product Level
PlanetScope Basic Scene Product	Scaled Top of Atmosphere Radiance (at sensor) and sensor corrected product. The Basic Scene product is designed for users with advanced image processing and geometric correction capabilities. This product has scene based framing and is not projected to a cartographic projection. Radiometric and sensor corrections are applied to the data.	Level 1B
PlanetScope Ortho Scene Product	Orthorectified, scaled Top of Atmosphere Radiance (at sensor) or Surface Reflectance image product suitable for analytic and visual applications. This product has scene based framing and projected to a cartographic projection.	Level 3B
PlanetScope Ortho Tile Product	Radiometric and sensor corrections applied to the data. Imagery is orthorectified and projected to a UTM projection.	Level 3A

(b)

<그림 2-20> PlanetScope ARD 영상 세부사항: (a) PlanetScope 전처리 단계, (b) 전처리 단계에 따른 PlanetScope 영상 제품(Planet, 2020)

Planet 사에서는 RapidEye 영상도 ARD를 구축하여 제공하고 있다. RapidEye 영상은 그림 2-21(a)와 같은 전처리 수준에 따라 그림 2-21(b)와 같이 총 2가지 형식으로 구분된다. Level 1B 는 방사 및 센서 보정만 수행된 영상, Level 3B는 Level 1B 영상에서 정사보정된 영상이다. RapidEye 영상은 Level 3B부터 CEOS ARD 구축 요건을 충족하지만, 표면반사율 데이터는 제공 되지 않는다. Level 3B 영상은 GeoTiff 형식의 위성영상, 메타데이터, Unusable data mask가 제공된다. Level 3B 영상은 정사보정된 영상으로 약 2 Pixels 이하의 기하 정확도를 가지며, 메타 데이터를 통해 방사 및 대기보정 계수를 제공한다(Planet, 2020).



(a)

Name	Description	Product Level
RapidEye Basic Scene Product	Radiometric and sensor corrections applied to the data. On-board spacecraft attitude and ephemeris applied to the data.	Level 1B
RapidEye Ortho Tile Product	Radiometric and sensor corrections applied to the data. Imagery is orthorectified using the RPCs and an elevation model.	Level 3A

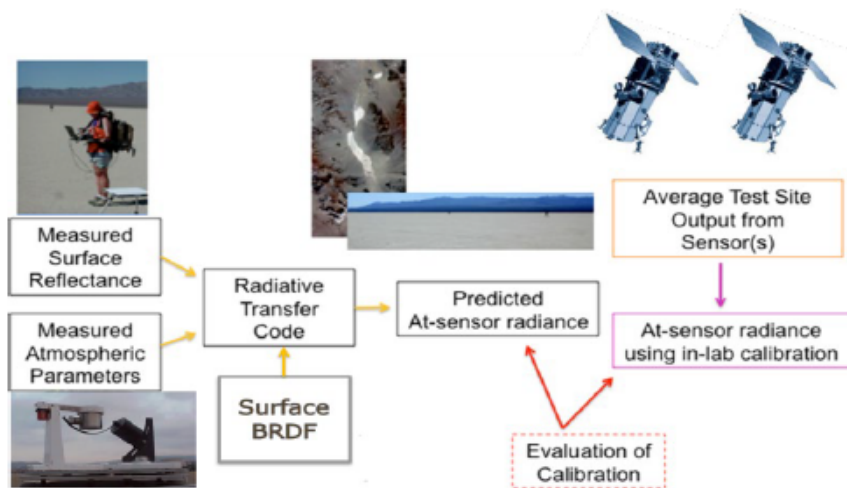
(b)

<그림 2-21> RapidEye ARD 영상 세부사항: (a) RapidEye 전처리 단계, (b) 전처리 단계에 따른 RapidEye 영상 제품(Planet, 2020)

PlanetScope와 RapidEye 영상은 모두 Unusable data mask를 제공한다. Planet사에서 정의하는 Unusable data mask는 CEOS CARD4L 픽셀단위정보 구축항목 중 손실데이터를 구체화하여 나타낸 마스크이다. 위성영상 내 다양한 요소로 인해 손실된 데이터를 정량화하여 GeoTiff 형식으로 제공한다. 그리고 PlanetScope는 위성센서 특성으로 CEOS CARD4L 항목 중 구름, 눈 마스크만 제공한다. 하지만 Planet에서 자체적으로 구축한 그림자, Light haze, Heavy haze, Confidence map, Unusable mask를 추가로 제공한다(Planet, 2020).

라) MAXAR

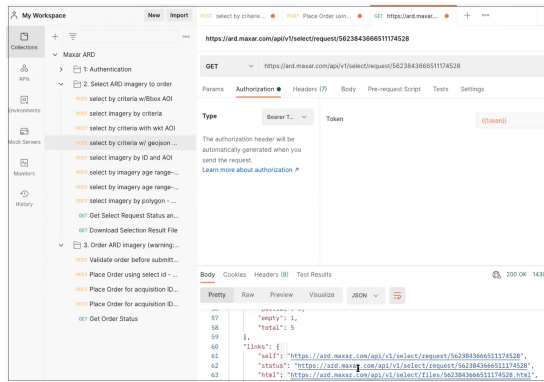
MAXAR는 전 세계를 대상으로 취득된 GeoEye-1과 Worldview-2 시계열 고해상도 위성영상을 ARD로 구축하기 위해 지속적인 연구 개발을 수행하고 있다. 그림 2-22와 같이 필드조사를 통해 취득한 타겟의 지표면 반사도와 측정된 대기요소들을 바탕으로 복사전달코드 기반의 복사보정을 통해 MAXAR 위성영상의 복사보정(absolute radiometric correction)을 수행하였다. 복사보정된 영상을 Atmospheric Compensation(AComp) 기반의 대기보정을 거쳐 표면반사율 영상을 생성하였다. 이처럼 CEOS ARD 구축 요건을 충족하는 표면반사율 영상을 생성하기 위한 연구도 진행함과 동시에 정사보정을 수행하여 고해상도 위성영상의 기하품질을 개선하였다. 기하품질이 개선된 GeoEye-1과 WorldView-2 영상의 기하정확도는 평균 2-3 Pixels 수준이다(MAXAR, 2020a).



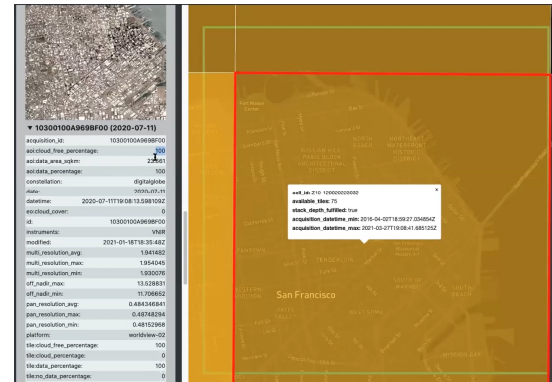
**<그림 2-22> MAXAR 위성영상 복사보정 시스템 개발 개념도
(MAXAR, 2020b)**

MAXAR ARD는 사용자가 활용하고자 하는 날짜에 해당하는 전처리된 시계열 영상을 제공하므로 분석 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다. 특히, 인공지능 및 기계학습 수행에 요구되는 고품질의 고해상도 데이터를 제공하므로 추가적인 데이터 전처리 작업이 요구되지 않는 장점이 있다. MAXAR ARD는 USGS 및 Planet과 동일하게 전처리된 위성영상과 픽셀단위정보를 제공하지만, 타 기관들과는 달리 보다 높은 공간해상도의 위성영상을 제공한다는 특징이 있다.

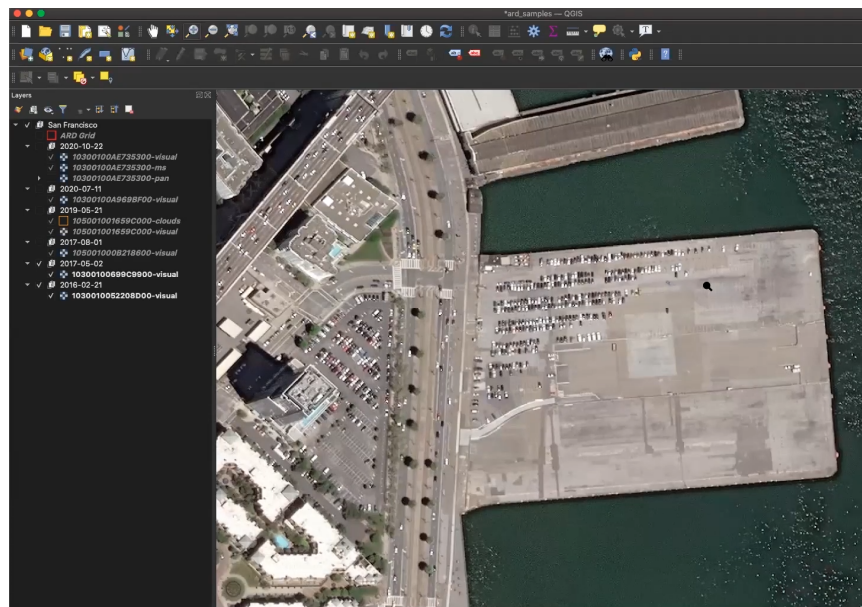
MAXAR는 전처리된 GeoEye-1과 WorldView-2 영상과 CEOS CARD4L 픽셀단위정보 구축항목 중 구름 및 청천 데이터 마스크를 함께 ARD로 사용자들에게 제공하고 있다. MAXAR는 이러한 ARD 영상을 API를 통해 제공하기 위해 지속적인 개발을 수행하고 있으며, 최근에 그림 2-23과 같은 API 기반 ARD 제공 프로토타입을 공개하였다(MAXAR, 2021).



(a)



(b)



(c)

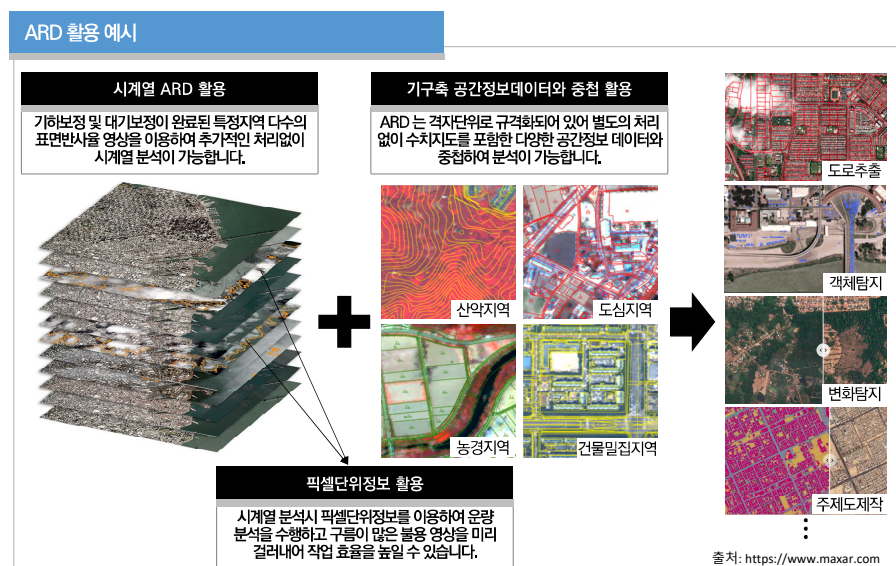
<그림 2-23> MAXAR API 기반 ARD 제공 시스템: (a) API 활용 예시, (b) 데이터 다운로드 예시, (c) MAXAR ARD 샘플 영상(MAXAR, 2021)

마) 한국항공우주연구원

한국항공우주연구원에서 운용 중인 KOMPSAT 위성영상은 메타데이터를 통해 기하정확도를 제공하며, 복사보정을 위한 계수만 제공하고 있다(KARI 등, 2020). 추후 국내 위성영상을 효율적으로 활용하기 위해서는 대기보정 및 픽셀 단위정보 제작을 통한 ARD 구축은 필수적이다. 한국항공우주연구원은 CEOS에서 주최하는 LSI-VC에 참여하여 ARD 구축 및 활용을 위한 지속적인 관심과 노력을 기울이고 있다.

3) 국내외 ARD 활용 예시

일반적으로 위성영상을 활용하기 위해서는 전처리 과정이 수행되어야 한다. 이러한 전처리 과정 수행에는 많은 인력 및 시간비용이 소모된다. 하지만 ARD는 전처리과정이 수행된 영상과 픽셀 단위정보를 제공해주므로, 사용자가 전처리 과정 없이 즉시 활용가능하다. 예를 들어, 기하보정 및 대기보정이 완료된 동일지역에서 취득된 다수의 ARD 영상을 이용하여 추가적인 처리없이 시계열 분석이 가능하다. 시계열 분석시 픽셀단위정보를 함께 이용하여 운량 분석을 수행하고 구름이 많은 불용 영상을 미리 걸러내어 작업 효율을 높일 수 있다. 또한, ARD는 격자단위로 규격화되어 있어 별도의 처리 없이 수치지도를 포함한 다양한 기 구축 공간정보 데이터와 중첩하여 분석이 가능하다. 이러한 데이터는 도로추출, 객체 및 변화탐지, 주제도 제작 등과 같은 다양한 원격탐사 분야에 활용이 가능하다. 이 장에서는 대표적인 ARD 활용 예시에 대해 조사하였다(그림 2-24).



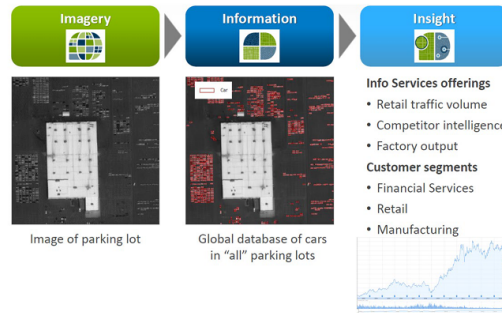
<그림 2-24> ARD 활용 예시

ARD를 구축하여 제공중인 USGS, Planet, MAXAR 등의 홈페이지에서 제시하는 ARD 활용 분야 중에 공통적으로 언급하고 있는 사례는 AI 훈련자료 구축에의 활용이다. 위성영상을 활용한 기계학습을 위해서는 대용량의 훈련자료가 필요하며, 정확도 높은 학습을 위해서는 오차가 보정된 훈련자료가 요구된다. ARD는 전처리 과정이 수행된 위성영상으로 추가적인 작업이 요구되지 않아 대용량의 훈련자료 구축 시 발생하는 비용을 절감할 수 있다(Ren 등, 2021).

MAXAR는 ARD를 구축 제공함으로써, 전통적인 수요자에게는 농업, 해양 등 지속적으로 수행 하던 연구에 대한 신뢰도가 향상될 수 있을 것으로 기대하고 있다. 또한 ARD 구축을 통해 새로운 시장이 형성될 것으로 기대하고 있다. 교통량 예측, 공장 출하량 예측, 경쟁사 분석, 재정 서비스, 제조업 등에 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있다(그림 2-25).

ARD: READY for what?

- users in established markets (agriculture, maritime) are very familiar with data (either optical/hyperspectral, SAR, LiDAR, etc.), and expect greatest quality in terms of sensor calibration, accuracy, and uncertainty
- users in new markets (insurance, finance) often do not necessarily understand (or care) about these characteristics, and all they need are insights.
 - If insights are not available when needed, then no application will be impactful



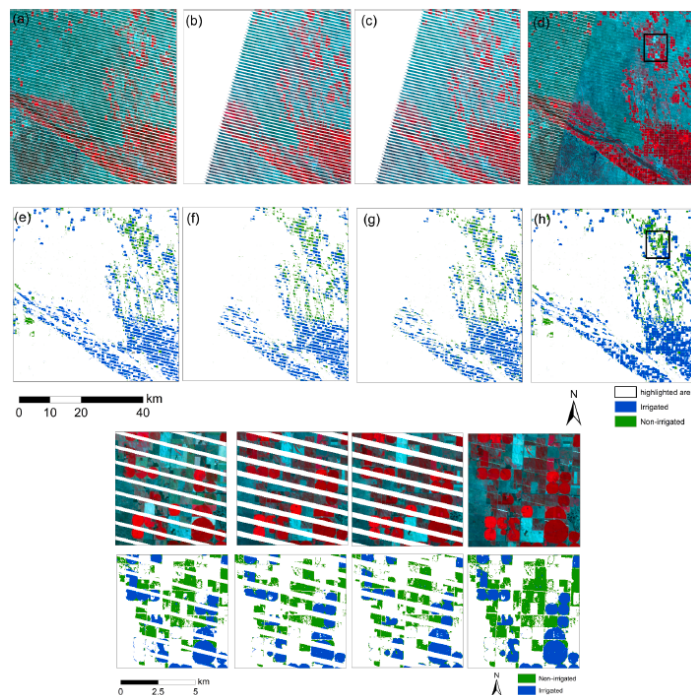
© 2020 Maxar Technologies Company Proprietary – External Recipients

31

MAXAR

<그림 2-25> MAXAR ARD 활용 분야(MAXAR, 2020b)

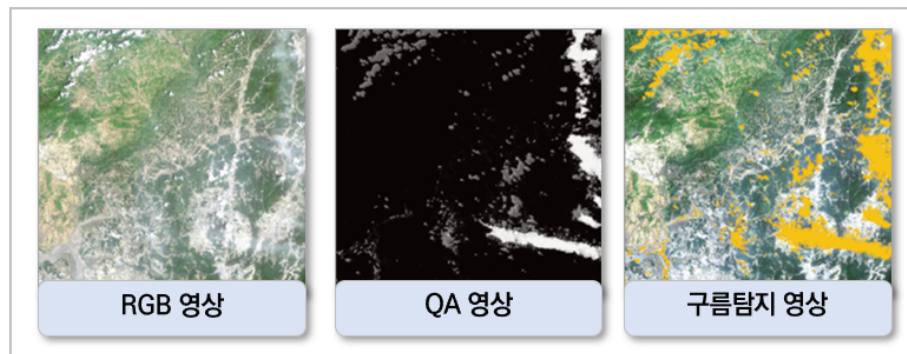
ARD를 활용한 대표적인 연구 분야로, ARD의 표면반사율 영상을 활용하여 농경지 지도를 제작하기 위한 연구가 수행되었다(Ren 등, 2021). 농경지 지역의 관개 및 비관개 지역을 분류하기 위해 Landsat ARD의 표면반사율 영상을 활용하였다. 표면반사율 영상을 활용하여 추가적인 방사 및 대기 보정 수행 생략이 가능하다는 것을 보여주었으며, 표면반사율 영상기반의 산출물 품질도 우수한 것을 입증하였다(그림 2-26).



<그림 2-26> Landsat ARD의 표면반사율 영상을 활용한 농경지 내 관개 지역 및 비관개 지역 분류 (Ren 등, 2021)

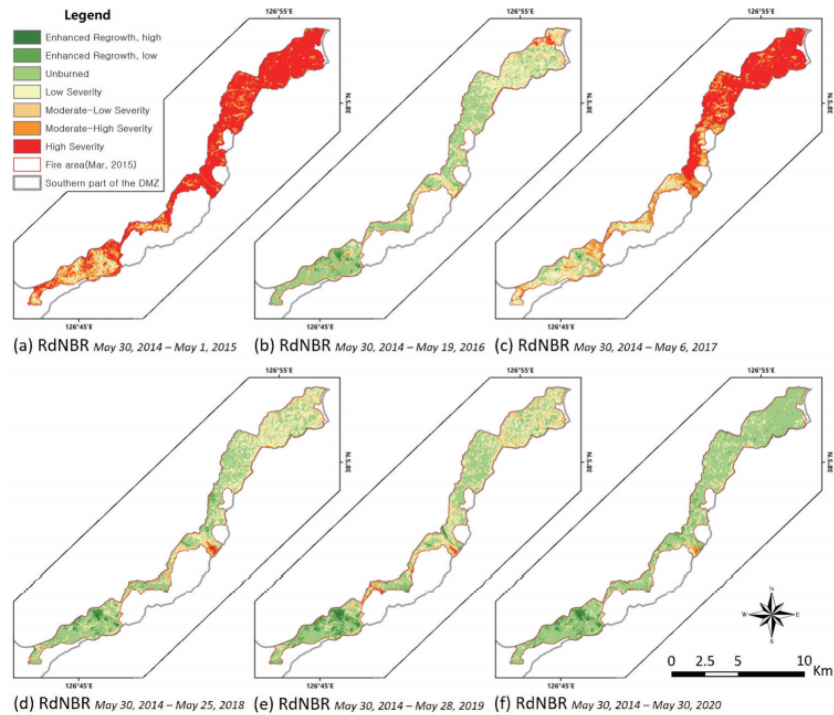
데이터의 가용성 측면에서 규격화된 시계열 데이터의 활용이 최대 강점인 ARD는 모니터링 분석 연구에 활용도가 높다. 대표적인 예로 ARD를 활용한 수계지역 녹조 모니터링 및 이를 통한 녹조 경보시스템을 구축하였다(Malthus, 2019). 본 연구에서는 방대한 양의 위성 데이터 중 관련성 있고 원하는 시간 범위의 데이터 선정을 위해 시계열로 구축된 Landsat ARD 데이터를 활용하였다. Landsat ARD 데이터는 추가적인 작업을 요구하지 않아 즉시 가용데이터로 활용할 수 있다. 따라서 사용자가 원하는 데이터를 효율적으로 확보할 수 있다.

위성영상 ARD를 구축 및 제공하기 위한 노력의 시작이 얼마 되지 않은 만큼, 국내에서는 아직까지는 다양한 분야에 대한 활용 보다는 연구에 초점을 맞춰서 ARD 데이터가 사용되고 있는 상황이다. Landsat 위성은 영상 촬영 당시의 표면, 대기 및 센서 조건에 의한 영상 내 화소 품질에 대한 정보를 나타내는 QA band를 제공한다. QA band는 구름, 구름 그림자, 수계, 방사포화도 등의 정보를 제공하는 픽셀단위정보이며, 이를 이용하여 장비의 결함이나 구름의 영향을 받는 불량화소를 보다 쉽게 식별할 수 있다. 이에 Landsat QA 밴드를 이용하여 구름화소를 식별하는 방식으로 구름을 탐지한 후, 해당 화소들을 복원하는 연구를 수행하였다(이미희 등, 2019). 기존 구름 탐지 연구들에서 사용되는 알고리즘과 비교하여 임계값 결정방법이 생략되기 때문에 기존 알고리즘보다 간편하게 구름을 탐지할 수 있는 장점이 있다(그림 2-27).



<그림 2-27> Landsat ARD의 QA band를 활용한 구름탐지 (이미희 등, 2019)

Landsat Level-2에서 제공되는 시계열 SR 영상을 추가적인 전처리 작업 수행 없이 활용하여 산불 피해지역을 식별하고 이후의 회복성을 모니터링하는 연구를 수행하였다(김장수 등, 2021). 기존의 Level-1 데이터를 이용한 산불 피해지역 탐지 연구는 대기보정이 필수적인 요소로 존재하였지만, Level-2 데이터의 경우 별도의 대기보정 과정이 생략되기 때문에 기존의 방법보다 간단하게 산불 피해지역 탐지 및 시계열 복구 모니터링이 가능한 장점이 있다(그림 2-28).



<그림 2-28> 위성영상을 이용한 서부 임진강하구권역 내 DMZ 산불 지역 회복성 분석 (김장수 등, 2021)

4) ARD 예상 수요자

국토위성 산출물 Level 2의 단계별 주 사용목적 및 사용자 그룹을 예측하여 표 2-36에 정리하였다. 위치정확도가 향상된 원본영상인 Level 2R의 경우 북한지역을 포함한 지도제작과 정밀지형 분석에 활용될 수 있다. 이러한 목적에 부합하는 사용자인 공간정보산업체나 공간정보전문가가 주로 사용할 것으로 판단된다. 정밀정사보정된 영상인 Level 2G나 이를 1:5,000 도엽단위로 분할처리한 정밀정사영상인 Level 2I의 경우 배경 지도제작, 영상판독, 사진출력과 같은 단순활용 등으로 활용될 수 있다. 따라서 공간정보전문가 뿐만 아니라 민간 공간정보 플랫폼 사업자, 공공기관 및 지자체, 그리고 일반 사용자 또한 활용할 수 있을 것으로 판단된다. Level 2 ARD 영상은 1:5,000 도엽단위로 분할처리 및 대기보정된 정밀정사영상과 픽셀별메타정보를 함께 제공한다. 수치모델입력, 대용량 자료처리, AI 모델 훈련 및 예측을 포함하여 Level 2I 활용목적을 모두 충족 가능하다. 따라서 ARD 사용자 또한 앞서 서술한 모든 사용자를 포함하여 기타 원격탐사 전문가, AI 전문가 등도 포함된다. 즉, 제공하는 정밀정사영상 처리 정도가 높아질수록 사용자의 범위가 넓어지는 것을 알 수 있다.

<표 2-36> 국토위성 산출물 Level 2의 단계별 주 사용목적 및 사용자 그룹 예측

처리레벨	설명	사용목적	사용자
Level 2R	위치정확도가 향상된 원본영상	지도제작(북한 등)/정밀지형 분석	공간정보산업체/전문가
Level 2G	정밀정사보정된 영상	배경지도제작, 영상(육안) 판독, 단순활용(사진출력 등)	일반사용자, 공공기관/지자체, 민간 공간정보 플랫폼 사업자
Level 2I	1:5,000 도엽단위로 분할처리된 정밀정사영상		
Level 2M	행정구역 등 광역단위로 병합된 정밀정사영상	주기적 국토관리/국토모니터링	(사전협의된) 지정사용자
ARD	분석준비자료 1:5,000 도엽단위로 분할처리 및 대기보정된 정밀정사영상과 픽셀별 메타정보	수치모델입력, 대용량 자료 처리, AI 모델 훈련 및 예측, Level 2I 활용목적 충족 가능	원격탐사 전문가, AI 전문가, 일반 사용자

ARD 산출물에 초점을 맞춰서 국내외 동향 분석을 수행한 결과, 수요자에 대한 예측이나 정보 보다는 제공기관에 대한 분석 위주로 수행이 되어 있음을 알 수 있다. 이는 ARD를 제공하는 기관이 기대하는 수요자가 특정 기관이나 사용자에게 국한하는 것에서 벗어나, 누구나 활용 가능하다는 점 때문인 것으로 사료된다. 실제로 CEOS ARD 전략 보고서에 따르면, 위성영상은 무료의 공개된 자료로 많은 사용자에게 사용될 수 있는 잠재력이 있는 자료로서 인류의 지속가능한 미래를 위한 의 사결정을 도울 수 있는 많은 정보 중에 하나라고 설명하고 있다(CEOS, 2019). 하지만 각각의 ARD를 제공하는 기관의 홈페이지나 관련 문헌 등을 분석해 보았을 때, 각 기관에서 기대하는 ARD 수요자를 제공 비용(무료/유료), 공간해상도, 커버리지 영역(지구 전지역/특정 지역) 등에 따라 그 대상이나 범위가 달라질 수 있음을 확인하였다.

수요자를 예측하는데 가장 큰 영향을 미치는 요소는 ARD 제공 비용이다. 즉, 무료 배포 여부에 따른 수요자 차이가 발생한다. 무료로 제공하는 여러 오픈소스 데이터와 같이, ARD도 무료로 배포하는 경우에는 누구나 사용할 수 있는 만큼 수요자의 제한이 없다. 대표적인 무료 ARD는 USGS에서 제공하는 Landsat 위성 기반의 ARD이다. 무료로 배포하는 ARD의 특징은 일반 수요자를 고려한다는 측면에서, 웹기반의 다운로드를 통해 접근성이 쉬운 측면이 있다. 이러한 측면에서는 대표적인 위성영상 활용 가능 플랫폼인 Google Earth Engin (GEE) 등과 같이 간단하고 직관적인 사용자 인터페이스로 구성되어 있는 것을 알 수 있다(한국방송통신전파진흥원, 2014). 지형공간

정보 관리 미래 전망 보고서에 따르면 전통적/비전통적인 공간정보 소비자의 요구가 빠르게 증가하고 있다. 이들은 빠르고 쉬운 무료의 접근을 원하며, 미래의 사용자는 스마트폰 인터페이스와 유사하기를 기대한다. 또한 핸드폰으로 바로 서비스 받을 수 있도록 요구한다. 기본적으로 무료로 ARD를 제공하는 것을 목표로 하는 기관들은 보다 활발한 ARD 데이터의 활용을 위해서 이러한 소비자의 니즈를 파악할 필요가 있다.

반면 Planet이나 MAXAR 등과 같이 ARD를 유료로 제공하는 기관에서 기대하는 사용자는 무료로 제공하는 기관에서 기대하는 사용자와는 차이가 있다. 우선, 상대적으로 고해상도 영상을 제공하는 ARD 영상의 특성상 특정 지역에 대한 보다 깊이 있는 분석이 요구된다. 따라서 일반 사용자 보다는 공간정보 데이터를 다뤄본 사용자가 주 대상이 될 확률이 높다. 또한 유료로 구매를 하여 데이터를 활용하는 측면에서, 이 데이터를 통해 보다 유의미한 결과를 도출해야 하는 기관이나 업체에서 활용하는 경우가 많다. 실제로 MAXAR에서는 ARD를 통해 AI/ML 기법을 적용하는데 장점이 있다고 언급이 되어 있으며, PlanetScope 홈페이지에서 제시하고 있는 ARD 활용 예시로, COVID에 따른 베니스 수역의 퇴적물이 감소한 것을 Planet ARD를 통해 확인하였다는 다소 전문적인 원격탐사 논문을 소개하고 있다. 이는 일반사용자 보다는 원격탐사나 공간정보 전문가가 수행하기에 적합한 활용 예시라고 할 수 있다. 또한, MAXAR ARD를 활용함으로써 기존에 위성영상을 사용하던 사용자와 더불어 보험(insurance), 재정(finance) 등과 관련된 기업을 포함한 새로운 수요층이 발생할 것으로 판단하였다(MAXAR, 2020b). 즉, 화소 단위의 분석을 수행하는데 있어서 전처리 과정으로 인한 시간 소요를 최소화할 수 있다는 장점은 공간정보 관련 업체나 전문가 뿐만 아니라 AI 기반 분석가/업체 등으로 활용 기관이 확장될 수 있음을 뜻한다.

제공하는 데이터 범위에 따라서도 주 사용 대상이 달라질 수 있다. 지구 전 지역을 대상으로 하는 GEE 나 USGS 와는 달리, 특정 지역에 대한 데이터만 취득 및 제공하는 기관도 있다. CEOS의 Open Data Cube (ODC)에 따르면 각 나라마다 독자적인 연구 그룹이 갖추어져 있어, 그 지역에 대한 데이터를 우선적으로 관리, 제공한다(이기원 등, 2019b). ODC는 호주 데이터 큐브(Australian Data Cube), 스위스 데이터 큐브(Swiss Data Cube) 등과 같이 국가적 단위로 서비스 시스템을 구축하고 운영되고 있다. 영국의 Joint Nature Conservation Committee (JNCC)의 경우 Sentinel-1과 Sentinel-2를 이용하여 영국에 대한 simple ARD 서비스를 제공하고 있다(JNCC, 2021). 이를 통해 스코틀랜드와 북아일랜드 내 불법 쓰레기 탐지, 작물지도 생성, 농업지역 모니터링, 산불 탐지 및 모니터링 등의 분야에 ARD를 활용할 수 있다. 즉, 특정 지역에 대한 ARD는 그 지역을 분석 대상으로 활용하는 수요자에 국한하여 데이터를 활용하게 된다.

국토위성센터 ARD 또한 한반도 지역의 높은 기하 정확도를 바탕으로 한반도에 대한 ARD 제공을 우선적으로 목표로 하고 있다. 따라서, 국토위성센터 ARD 수요자는 북한을 포함한 한반도 지역을 관심 대상으로 활용할 것으로 판단된다. 더욱이, 국내 고해상도 위성의 경우 무상으로 지급하

기 어려운 상황을 고려했을 때, ARD 수요자는 일반 사용자 보다는 공간정보 전문가 및 유관 기관이 주를 이룰 것으로 판단된다. 이러한 특성에 비추어 보았을 때, 국토위성센터 ARD 예상 활용 수요기관은 국가공간정보포털과 같은 공간정보 제공 포털 서비스의 데이터 제공 기관 및 활용 기관과 밀접한 관련이 있을 것으로 판단하였다(국토지리정보원, 2020).

ARD 활용 예상 정부 기관으로는 국토정책을 담당하는 국토교통부와 산하 단체인 국토관리청, 도로명주소 정책을 시행 중인 행정안전부, 해양정책을 담당하는 해양수산부와 산하 단체인 국립해양조사원, 환경부와 산하 단체인 기상청, 그 외에 산림청, 한강홍수통제소 등이 포함되며, 지방자치단체들도 정부 기관에 포함될 수 있다. 공공기관은 공간정보 데이터를 필요한 주제별로 업무에 맞게 가공하여 활용하고 있는 한국수자원공사, 한국토지주택공사, 한국광물자원공사, 한국도로공사, 도로교통공단 등이 포함된다. 연구기관은 국토, 건설, 환경, 방재, 해양 분야의 연구기관에서 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 상세 기관으로는 국토연구원, 한국건설기술연구원, 국가기상위성센터, 한국환경정책평가연구원, 국립환경과학원, 국립방재연구원, 한국해양과학기술원 등이고, 서울연구원과 같은 각 지자체 산하의 연구기관들도 활용 가능할 것으로 판단된다. 대학교는 공간정보 관련 학과나 건설 관련 학과 중 공간정보 관련 세부 전공 과정이 설치된 학교뿐만 아니라 AI 관련 학과로도 활용 수요처가 넓어질 것으로 기대된다. 산업체는 네이버, 카카오와 같은 지도기반 포털 기업을 포함하여, 자율주행 관련 업체, GIS 및 항측 관련 업체, AI 업체 등이 주로 활용할 것으로 판단된다. 국토위성센터 ARD 예상 활용 수요기관을 정리하여 표 2-37으로 나타내었다.

<표 2-37> 국토위성센터 ARD 예상 활용 기관

분류	국토위성센터 ARD 예상 활용 기관
정부기관	국토교통부, 행정안전부, 해양수산부, 환경부, 경찰청, 국토관리청, 기상청, 산림청, 통계청, 한강홍수통제소, 문화재청, 새만금개발청, 소방청, 한국감정원, 지방자치단체(특별시·광역시·도청, 시·군·구청) 등
공공기관	한국수자원공사, 한국토지주택공사, 한국광물자원공사, 한국도로공사, 도로교통공단, 교통안전공단, 한국국토정보공사, 국토연구원, 근로복지공단, 한국자산관리공사, 한국전력공사 등
연구기관	국토연구원, 한국건설기술연구원, 국가기상위성센터, 한국환경정책평가연구원, 국립환경과학원, 국립해양조사원, 국립농업과학원, 국립산림과학원, 국립전파연구원, 국립방재연구원, 전파연구소, 한국해양과학기술원, 지방자치단체 산하연구기관(서울연구원, 경기연구원 등)
대학교	서울대학교, 연세대학교, 서울시립대학교, 서울과학기술대학교, 성균관대학교, 부경대학교, 인하대학교, 인천대학교, 경기대학교, 경일대학교, 경북대학교, 세종대학교, 창원대학교, 동아대학교, 건국대학교, 충북대학교, 충남대학교 등
산업체	네이버, 카카오, 중앙합업, 신한합업, 범아엔지니어링, 새한합업, 공간정보기술, 아세아항측, bizGIS, 오픈메이트, 나브컴, 다울지오인포, 에스앤비소프트, 지오스토리, 올포랜드 등

5) 국토위성센터 ARD 구축 시사점

앞서 수행한 국토위성센터 ARD 특성 및 차별성 도출 결과와 국내외 ARD 구축환경 분석을 통해 국토위성센터 ARD 구축이 갖는 시사점을 도출하여 그림 2-29로 나타내었다. 우선, 국토위성은 KOMPSAT-3A와 같이 유사성능을 보이는 고해상도 위성영상과 비교하여 높은 기하정확도를 보이는 ARD 구축이 가능한 장점이 있다. 또한 지리원 기 보유 공간정보와 연계함으로써 표면반사율 영상 생산 가능성을 제고하고 다양한 픽셀단위정보를 구축할 수 있다. 뿐만 아니라 향후 국토위성 2호가 성공적으로 발사하여 운영될 경우, 높은 주기로 시계열 ARD 데이터를 구축할 수 있다. 이를 통해 국토위성영상 기반 DEM, DSM, nDSM 등 3차원 시계열 데이터가 생산 및 연계 가능하며 결과적으로 다양한 사용자의 활용목적에 부합하는 공간정보 데이터를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 이밖에 국토위성위성센터 ARD 구축 시사점을 기술적 측면, 경제적/산업적 측면, 사회적 측면으로 나누어 정리하면 다음과 같다.

□ 기술적 측면

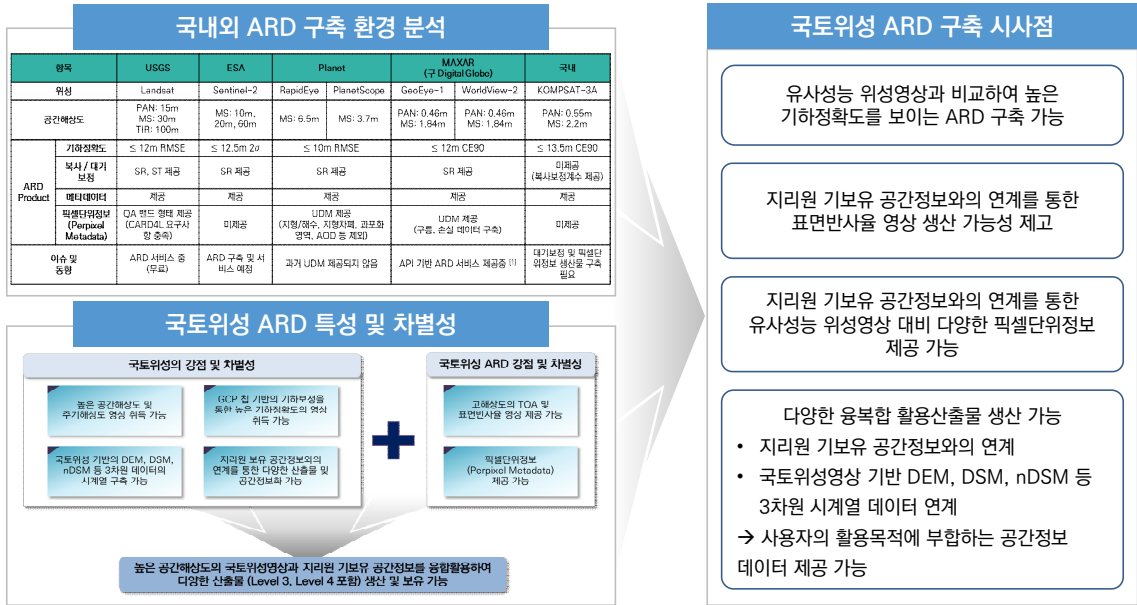
- 기존 위성영상 수집/처리/배포 서비스 체계화와 효율적 관리 가능
- 한국형 분석준비자료 체계 구축을 통한 위성영상처리 및 활용기술 활성화
- 위성영상을 활용한 효율적인 국토 공간 정보 관리 등 융합산업 활성화
- 위성정보처리 관련 기반기술 개발을 통한 국내 기술경쟁력 강화

□ 경제적·산업적 측면

- 위성정보 활용을 위한 데이터 접근 시간, 비용을 획기적으로 단축
- 위성정보 활용 증진을 위성영상 분석 및 산출물 생성에 소요되는 비용 절감
- 기술적 새로운 패러다임을 선도하여 다양한 응용 분야의 산업시장 기술선점
- 개발 응용기술의 발전적 보안을 통해 공간정보/IT 산업 신시장 창출 토대

□ 사회적 측면

- 범정부 차원의 위성정보 활용 협력 강화 및 국가 위성정보 활용 지원체계 구축
- 위성정보 활용 분야의 선도적 역할 수행 및 성공적인 위성활용 롤모델 제시
- 교육, 상업, 군사 등의 다양한 용도의 위성영상 활용기반 구축
- 다양한 공간정보의 기술체계에 맞는 로드맵 제시 및 고정밀 위성정보의 활용 기관이 표준화된 포맷과 표준안을 수용하도록 하여 상호운용성 확보
- 국토위성정보 취득 및 활용을 통해 국토관리, 재난 및 재해 대응, 공간정보 산업육성 등 국토관련 주요 현안 이슈에 대해 선제적 대응 가능

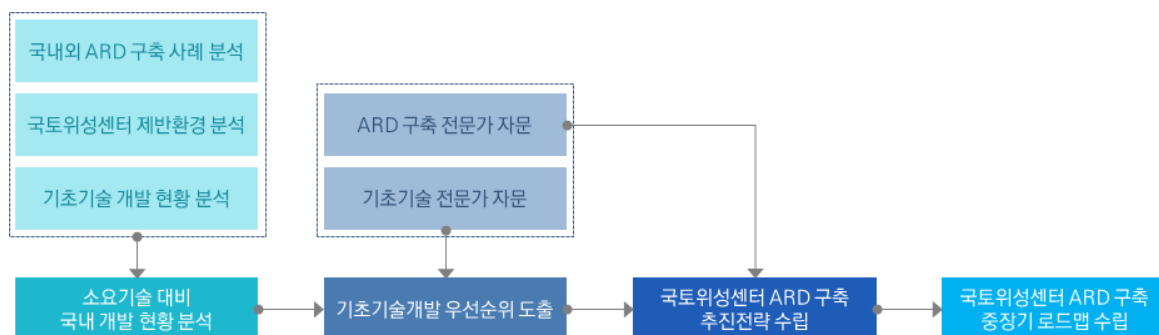


<그림 2-29> 국토위성센터 ARD 구축 시사점

다. ARD 구축 중장기 로드맵 수립

1) ARD 구축 중장기 로드맵 수립 과정

본 연구는 국토위성센터 ARD 구축의 중장기 추진 방향의 수립을 위해 우선 소요기술 대비 국내 개발 현황 분석을 실시하고, 국내 위성정보분야 전문가로 구성된 자문위원회의 전문가 의견을 활용하여 기초기술개발 우선순위를 도출한 다음, 이를 바탕으로 국토위성센터 현황에 적합한 ARD 구축 추진전략을 수립했다. 본 절에서는 로드맵 수립을 위해 수행한 연구내용에 대해 정리하고, 국토위성센터 ARD 구축을 위한 추진전략을 설명한다. 그림 2-30은 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵을 수립을 위해 수행한 연구내용을 보여준다.



〈그림 2-30〉 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵 수립 과정

가) 소요기술 대비 국내 개발 현황 분석

국내외 ARD 구축 사례 분석을 통해 ARD의 주요 기초기술을 식별하고, 국토위성센터 제반환경 분석을 통해 기 구축 시스템과의 연계 가능성 및 산출물의 활용 가능성을 확인했다. 또한 앞서 식별된 기초기술에 대한 개발 현황 조사 내용을 바탕으로 소요기술 대비 국내 개발 현황을 분석했다. 표 2-38은 ARD 구축을 위해 필요한 기술개발 항목에 대한 설명과 국내 개발 현황을 보여준다.

소요기술 항목별 국내 개발 현황은 다음과 같다. 기하보정 및 정사보정 기술은 국토위성센터 기 구축된 상태이며, 고도화 및 서비스 영역의 확대가 필요한 상황이다. 복사보정의 경우 탑재체 개발 기관에서 제공하는 정보인데 센서감퇴 등의 이유로 정확도의 지속적 갱신이 필요한 항목이다. 이는 대기보정을 위한 필수 정보이기 때문에 지속 수행을 위한 추진체계 및 비용적 문제의 해결이 필요할 것으로 예상된다. 대기보정은 ARD의 주요 산출물인 표면반사율 생성을 위한 핵심기술인데, 현재 미보유 기술이므로 추가 확보가 시급한 상황이다. 픽셀메타 정보 생성 기술은 후속 차세대 중형위성(농림위성)에서 현재 개발 중이기 때문에, 활용 기관간 협업체계 구축을 통해 기술적 한계를 보완해나가야 할 것으로 판단된다.

소요기술 중 추가 확보가 필요한 것으로 식별된, 국토위성의 대기보정을 위해 필요한 세부 항목과 대응방안을 표 2-39에 정리했다. 대기모델, 신호보정테이블(Look Up Table, LUT)을 구성하여 SW를 개발하는데 까지의 난이도는 높지 않으나 국토위성정보 수집·활용 시스템과의 연계 방안에 대한 설계가 필요하다. 반면에 고해상도 위성영상의 대기보정을 위한 대기관측 보조자료나 지상관측 자료의 수집체계는 관련 개발 경험이나 구축 및 운영 사례가 존재하므로, 유관 기관과의 긴밀한 협력을 통해 해결이 가능할 것으로 판단된다.

<표 2-38> ARD 구축 소요기술 대비 국내개발 현황

필요항목	설명	국내 개발 현황
기하보정	픽셀별 위치정보 정확도 향상 (70m □ 1m)	<ul style="list-style-type: none"> 국토위성센터에 해당기술 기 구축 (고도화 및 서비스 영역 확대 필요)
정사보정	기복변이 제거 및 영상지도화	
복사보정	밝기값 (Digital Number)를 물리량 (Radiance)로 변환	<ul style="list-style-type: none"> 탐재체 개발기관에서 탐재체 개발시험 및 LEOP 중 수행함 지속수행은 추진체계 및 예산의 문제
대기보정	대기에 의한 신호감쇄효과 보정	<ul style="list-style-type: none"> 정지궤도위성(250m해상도)에 적용 후속 차중위성(농림위성)용 개발 중 소요기술 중 추가 확보가 필요한 기술
픽셀메타	픽셀별 사용가능/불가능 정보	<ul style="list-style-type: none"> 후속 차중위성(농림위성)용 개발 중

<표 2-39> 국토위성 대기보정을 위한 세부항목 및 대응방안

세부항목	설명 및 대응방안
대기모델	대기상태변수별/파장별 지표신호상쇄 모델. 기 개발/검증된 모델 (MODTRAN 등)이 존재하며 국토위성 관측밴드에 맞게 적용 필요
신호보정 테이블	대기모델 직접 적용은 처리시간이 많이 소요되므로 국토위성용 신호보정 테이블(LUT)을 구성하여 입력신호 대비 보정신호 즉시 계산. 국내 정지궤도 해양위성용 LUT 개발경험 활용 가능
SW개발	다른 전처리 SW대비 SW 자체의 난이도는 높지 않으나 기 개발 SW들과의 처리절차 및 기 시스템과의 연계방안에 대한 설계 필요
보조자료 수집	대기모델 (신호보정 LUT)을 위한 대기자료(수증기) 및 에어로졸 자료. 국내 정지궤도 해양위성용 LUT 개발경험 및 농림위성용 R&D 결과 접목 필요
지상관측자료	복사보정 지속수행을 위한 검보정 사이트 운영을 통한 지상관측자료 확보 필요. 농업위성센터 및 산림위성센터에서 후속위성을 위한 검보정 사이트운영 중 및 추가 확보 예정

나) 기초기술 개발 우선순위 도출

기초기술 개발 현황 조사 내용을 바탕으로 기초기술 개발 우선도를 분석하고 ARD 기초기술 분야별 전문가로 구성된 자문위원회를 통해 개발 우선순위에 대한 전문가 자문을 수행했다. 해당 결과와 국내 기초기술 개발 현황 및 국토위성센터 제반 환경을 고려하여 기초기술별 시급성 및 신규성에 대해 추가적으로 분석했고, 절대복사보정, 상대복사보정, 절대대기보정, 구름탐지, 지형그림자 마스크 기술의 종합우선순위가 가장 높은 것으로 결론지었다. 기초기술 개발 우선순위 도출에 대한 자세한 내용은 3장에서 다룬다.

다) ARD 구축 관련 전문가 자문

본 연구는 총 5회의 주요 회의(착수회의, 중간보고회의, 전문가자문회의, 공청회, 최종보고회의)에서 국토위성센터 ARD 구축에 관련된 다양한 분야에 대한 전문가 자문을 요청하고, 주요 자문의견을 수렴하여 ARD 구축 로드맵 수립에 반영했다. 표 2-40은 주요 전문가 의견과 수렴 내용을 정리한다.

<표 2-40> ARD 구축 관련 주요 자문의견 조치 현황

회의명	주요 자문의견 조치현황
착수보고	<ul style="list-style-type: none"> 국토위성의 고해상도 특성에 따라, 국제적 ARD 기하보정의 기준 충족이 어려우므로, 자체 기준 설정 필요 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 단기적으로 국내 ARD 활성화를 위한 사양을 정의하여 시범 운용, 장기적으로 국제적 추세를 참고하여 사양을 정리함 표면반사도 등 기본산출물에 대한 유관기관과의 협업 방안을 구상 필요 (현지조사 공동수행 및 측정자료 공유 등) <ul style="list-style-type: none"> ✓ 차세대중형위성 활용기관과의 협력체계 구축 시, 검·보정 사이트 공유, 데이터 상호 교환 등에 대한 협의 고려 중임
전문가 자문회의	<ul style="list-style-type: none"> 복사/대기보정 산출물의 품질 관리를 위한 지속적인 검보정 필요 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 검보정 수행 방안 수립의 내용을 기초기술개발 로드맵과 복사/대기보정 기술개발 과제 제안요구서에 반영함 국내 광학위성 ARD 수준 정의 및 목표에 대해 유관기관과의 논의하여 통일 필요 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 국토위성센터는 L2 산출물을 이용하여 ARD를 제작할 계획에 있으며, ARD 관련 레벨 정의는 추후에 유관기관과 논의 및 통일이 필요함
중간보고	<ul style="list-style-type: none"> 국토위성센터 ARD의 선언적 정의 필요 <ul style="list-style-type: none"> ✓ ARD의 선언적 정의 추가함 항공사진, 드론영상으로 생산이 가능한 산출물과 중복성이 있으므로, 국토위성센터 ARD의 차별성 확보가 필요함 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 드론, 항공영상 대비 위성영상이 가지는 차별성을 강조하는 내용을 추가함 설문조사를 진행할 때 ARD만 홍보할 것이 아니라, ARD를 통해 얻을 수 있는 구체적 예시 필요

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 설문조사 수행 시 구체적 활용 예시 설명자료 추가함 • 복사대기보정의 정확도를 수치적으로 정량화하는 것은 위험성이 높음 ✓ 사용 알고리즘만 표기하는 것으로 수정함
공청회	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자가 주로 사용한 활용 자료 종류(DN, Radiance, Reflectance)와 향후 제공을 원하는 활용 자료 종류에 대한 질의를 반영하는 것이 향후 ARD 방향성 선정에 도움이 될 것으로 사료됨 ✓ 계획된 설문조사는 SR의 활용 수요를 분석하는 것을 목적으로 DN, Radiance 포함시키지 않음 ✓ 다만 애로사항 등을 파악하는 기타 항목을 추가하여 잠재적 수요를 파악함 • 기하보정, 복사보정, 대리기정(절대복사보정), 대기보정 기술개발의 중장기적 계획 수립 필요 ✓ 기초기술 개발 로드맵에 추가함 • CAS500-1/2호기를 포함한 국가위성 영상제품은 CARD4L PFS를 수용하는 것이 타당함 ✓ CARD4L PFS 5.0 (최소)요구사항 만족 가능성 분석 내용 추가함 • CARD4L PFS 내 고해상도 영상제품의 특성을 반영하는 작업을 현재 항우연에서 수행중임 ✓ ARD 구축 로드맵에 고해상도 ARD 규격 수용 방안 항목 추가함 • 실제 ARD 프로토타입을 최대한 빨리 만드는 것이 중요함 ✓ ARD 기초기술 개발 연구과제의 제안요구서에 샘플제작 내용 추가함
최종보고	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자가 요구하는 지역(임의, 행정구역, 싣단위 등) / 포맷 / 좌표체계를 서비스하는 플랫폼의 제공 방안 마련 필요 ✓ ARD 서비스 고도화 기획연구 과제의 세부과업 내용에 사용자 요구사항(URD)를 파악하고, 이를 서비스에 반영하는 내용 추가함 • BRDF 보정 기술 개발 우선순위 조정 필요 ✓ 대기보정 기술 고도화 단계에 BRDF 보정 기술 개발 항목 추가함 • 기획연구 중 도출된 기술개발 관련 문제점 및 보완방향이 후속 국토위성 설계에 반드시 반영될 필요가 있음(복사, 대기보정 등) ✓ 최종보고서 내 기초기술 개발 현황 분석의 시사점 내용에 정리함 • 대기보정의 경우 타위성과 과제 중복성이 있으므로, 차별성 강조가 필요함 ✓ 국토위성 운영 환경을 고려하여 상대대기보정, 지속적 복사보정 방안 수립 등의 기술 개발을 추진할 계획이며, 최종보고서 내 기초기술 개발 현황 분석의 시사점 내용에 정리함 • 검보정 사이트나 절대 검보정을 위한 공동 프레임워크 및 항우연과 협업체계 구축 필요 ✓ 공동 프레임워크 및 협업체계 구축을 고려하고 있음 • OTB의 확장기능으로 K3A 대기보정을 수행한 사례가 있음(실험대상지는 국내가 아님) ✓ 해당 연구내용을 참고하여 샘플제작을 수행함 • 수계 영역을 탐지 시, 기 구축된 수치지형도에서 수계자료를 활용해 변동된 지역만 탐지하는 방안을 고려하는 것도 필요해 보임 ✓ 샘플제작 보고서 결론 부분에서 수계 정보 보조자료의 활용 방안을 제시함 • 개발환경 및 언어 등을 미리 정의하여 개발일정을 단축할 수 있는 방안의 마련이 필요함 ✓ 사업추진 시 기술협상 등을 통해 해결할 필요가 있음

라) 국토위성센터 ARD 구축 추진전략 수립

국토위성 1호기의 성공적인 발사와 국토위성의 설계 수명 및 기 구축된 시스템의 연계·활용이 가능한 환경을 고려했을 때, 국토위성 2호기 발사 이전이 국토위성센터 ARD의 개발 적기라고 판단된다. 따라서 2023년에 국토위성센터 ARD 서비스를 개시하는 것을 목표로 ARD 구축을 위한 추진전략을 수립했다.

2023년에 국토위성센터 ARD를 서비스하기 위해서는, 2021~22년에 사전연구로 표면반사율 영상 생성을 위한 대기보정 기술 및 픽셀단위정보 생성 기술 개발이 진행될 필요가 있다. 또한 개발 기술이 적용된 ARD 산출물 생성 SW가 2022년에 개발 완료되어 시스템과 연계돼야 한다.

신속한 ARD 구축 추진을 통해 핵심기술 개발의 동력을 확보하고, 후속위성 기획 이전에 충분한 활용 사례를 수립함으로써 후속위성 (국토위성 3호기) 추진의 당위성을 확보할 수 있을 것으로 판단했다. 또한 국토위성센터 ARD는 국가기본정보와의 높은 상호운용성을 확보하고 있어 향후 항공영상과의 융복합을 통한 활용 산출의 제시가 가능하기 때문에, ARD의 활용 분야를 더욱 더 확장시킬 수 있을 것으로 기대된다.

국토위성센터의 ARD 추진 전략을 아래에 정리한다.

□ 추진전략1: 신속추진을 통한 ARD 개발동력 확보

- 1호기 발사성공 이후 및 2호기 발사/LEOP 이전이 ARD 개발 적기

□ 추진전략2: 후속위성 추진의 당위성 확보

- 후속위성 (국토위성 3호기) 기획 이전에 충분한 활용사례 수립 필요
- 전국단위 수치모델링 등 대용량 사용자그룹 확보/타 위성과의 연계 가능

□ 추진전략3: 국토위성센터의 위상 강화

- 국가기본공간정보와의 상호운용성 확보
- 항공영상과의 융복합을 통한 항공-위성 융복합 산출물 제시

2) 비전 및 목표

□ 비전: 국토위성센터 ARD를 통한 국토위성정보 활용성 극대화 및 국가위성정보 산업 활성화

□ 목표: 사용자 편리성*, 국가공간정보와의 상호 운용성**을 갖춘 사용자 친화형 영상제품 구축

* 사용자편리성:

- 최소한의 사용자 개입 (단순 편집/확대/축소) 만으로
- (정성적/정량적/정밀수치모델링/판독) 분석이 가능한 즉시 분석자료

** 상호 운용성:

- 표준화된 자료크기 및 형식 (기본 공간정보체계와 연동)
- 표준화된 위치정보 (정밀정사보정 처리 완료)
- 표준화된 신호정보 (정밀대기보정 처리 완료)

*** 검증된 자료:

- 사용가능/불가능 픽셀정보 제공 (맑기오류, 구름, 그림자, 물 등)
- 위치정확도 등 정확도 등급 제공 (예: Landsat Tier-1/Tier-2)

3) ARD 구축을 위한 국토위성센터 핵심요소별 연구개발 추진방향

국토위성센터 제반 환경을 통해 분석된 핵심요소는 핵심기술, 산출물, 서비스 범위, 위성정보, 배포자료, 센터기능, 활용인프라이다. 그림 2-31은 국토위성센터 ARD 구축을 위해 필요한 각 핵심요소별 연구개발 추진 방향을 보여준다. 핵심기술로써 복사·대기보정 기술과 픽셀단위정보 탐지 기술의 연구개발을 수행하여 표면반사율 영상과 픽셀단위 정보를 제공할 필요가 있다. 또한 기초 기술 고도화 과정을 통해 서비스의 범위를 전세계로 확대하고, 타위성 및 항공영상을 포함한 이종 센서의 융복합 산출물을 제공하기 위한 연구가 필요하다. 또한 전세계로 ARD를 배포하고 관리하기 위한 인프라의 구축 및 운영을 추진할 필요가 있다.



<그림 2-31> ARD 구축위한 국토위성센터 핵심요소별 연구개발 추진방향

4) 단계별 추진목표

21년 말부터 예정되는 국토위성의 본격적인 운영과 활용을 고려하여 국토위성센터 ARD 구축 및 서비스 사업의 추진목표를 시기적으로 3단계로 구분하여 아래의 표 2-41과 같이 수립했다.

<표 2-41> 국토위성센터 ARD 구축 사업의 단계별 추진목표

단계	1단계 (2021 ~ 22) 국토위성센터 ARD 서비스 준비	2단계 (2023 ~ 24) 국토위성센터 ARD 서비스 고도화	3단계(2025~) 융복합 서비스
기초 기술	<ul style="list-style-type: none"> - ARD 산출물 생성 기술 개발 - ARD 산출물 사양 정의 - 사용자 친화형 영상제품 생산 SW 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 사용자친화형 영상제품 서비스 개시 - ARD 기초기술 고도화 - 기반 SW 고도화 	<ul style="list-style-type: none"> - 전지구 ARD 활용 기술 개발
활용 활성 화	<ul style="list-style-type: none"> - ARD 국제 규격 수용방안 마련 - ARD 활용 활성화 방안 마련 - ARD 구축 협업 파트너 발굴 방안 마련 - ARD 서비스 고도화 요구사항 도출 	<ul style="list-style-type: none"> - 고해상도 위성 ARD 규격 수용 작업 추진 - ARD 활용 활성화 추진을 위한 국내외 협업체계 구축 및 운영 	
융복 합 기술		<ul style="list-style-type: none"> - 융복합 ARD 자료 생성 기술 개발 - 융복합 ARD 생성 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 융복합 ARD 활용 기술 개발

5) 추진과제

국토위성센터 ARD 구축 및 서비스 사업의 핵심요소를 ARD 기초기술, ARD 활용활성화, 융복합기술로 구분하고, 각 핵심요소별 범위에 맞는 추진과제를 도출하였다. 추진과제별 내용 및 소요 예산(안)을 각각 아래의 표 2-42 및 표 2-43과 같이 도출하였다

<표 2-42> 분야별 핵심 추진과제 목록

추진과제	내 용
기초기술 부문: 국토위성센터 ARD 산출물 생성을 위한 기초기술 및 SW 개발	
① 사용자 친화형 영상제품 생산 기술 개발	사용자 친화형 영상제품의 주요 산출물인 표면반사율영상과 픽셀단위 정보를 생성하는 기초기술을 개발한다. 또한 시범제작을 통해 국토위성센터 ARD 산출물의 사양을 정의하고, SW 개발에 필요한 요구사항을 도출한다.
② 사용자 친화형 영상제품 생산	사용자 친화형 영상제품의 주요 산출물인 표면반사율영상과 픽셀단위

SW 개발	정보를 생성하는 기반 SW의 설계 및 개발을 수행한다. 이 때 기 구축된 국토위성정보 수집·활용 시스템과의 연계를 고려한다.
③ ARD 기초기술 고도화	국토위성용 대기보정 기술을 고도화 시키고, 전지구 기하보정 기술을 개발한다. 또한 한반도 기준점·DEM DB 고도화를 통해 국토위성용 기하보정 정확도를 향상시킨다.
활용활성화 부문: 국토위성센터 ARD의 국제 규격 수용 및 활용 활성화 방안 추진	
④ ARD 활용 활성화 방안 기획연구	국토위성센터 ARD 활용 활성화 촉진을 위한 방안과 협업파트너 발굴 방안을 마련한다.
⑤ ARD 활용 활성화 추진	국토위성센터 ARD 활용 사용자 협의체를 구성하고 운영함으로써 국토위성정보의 활용 활성화를 촉진한다. 또한 국내외 ARD 활용 파트너와의 협업체계를 구축하여, 전지구 ARD 서비스를 위한 요구사항을 도출한다.
⑥ ARD 서비스 고도화	국토위성센터 ARD 산출물의 품질향상 방안과 활용 방안을 연구한다. 또한 항공·위성영상의 융복합을 통한 ARD 생성 방안을 연구한다. 더 불어 국제적인 고해상도 위성 ARD 규격화 현황을 분석하며 이를 수용할 수 있는 방안을 연구한다.
융복합기술 부문: 다 위성정보 및 항공영상과의 융복합 기술 개발 및 산출물 생성	
⑦ 융복합 ARD 플랫폼 개발	융복합 ARD를 정의하고 자료 생성을 위한 기술을 개발한다. 또한 융복합 ARD 자료 생성 플랫폼을 설계 및 개발한다.
⑧ 전지구 ARD 활용 기술 개발	국토위성센터 ARD 산출물을 활용하여 전지구 대상 국토위성정보 L3/L4 활용산출물 생산기술 및 시스템을 개발한다.
⑨ 융복합 ARD 활용 기술 개발	선행과제인 융복합 ARD 플랫폼 설계 결과를 바탕으로 융복합 ARD 활용 기술을 개발한다. 또한 AI 적용을 고려하여 국토위성영상 데이터 댐(Data damn)을 구축하고 서비스하는 플랫폼을 설계 및 개발한다.

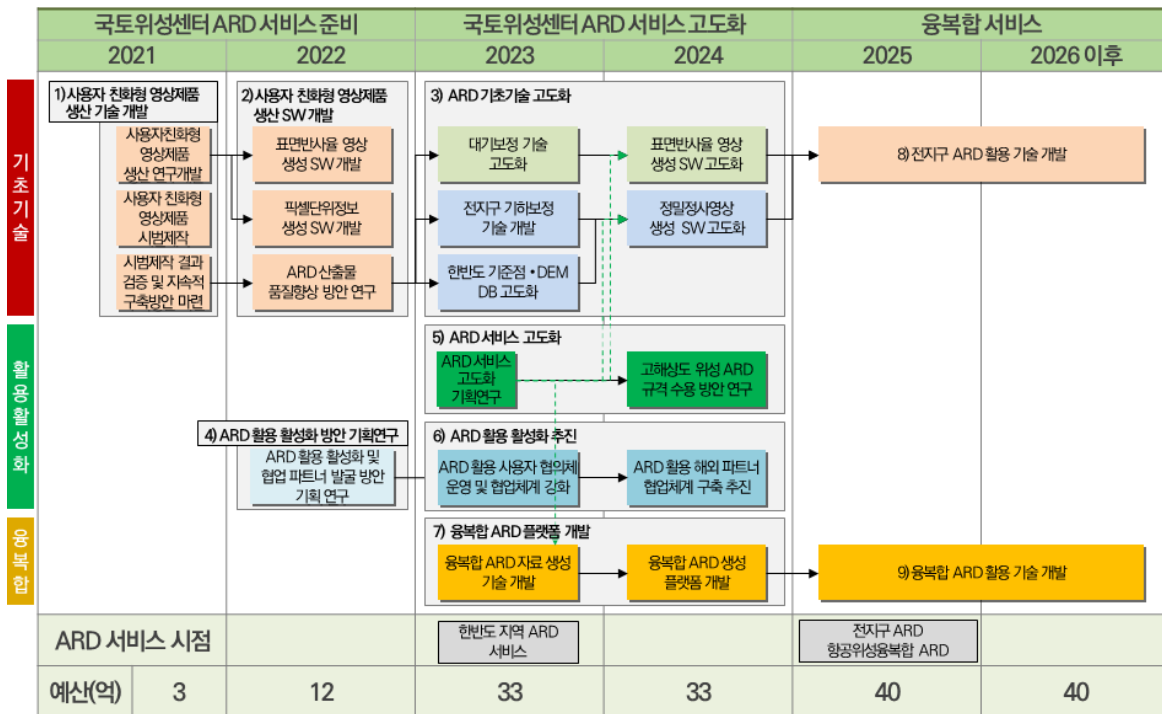
□ 추진과제별 소요 예산 (단위: 억원)

<표 2-43> 추진과제별 소요 예산 목록

추진과제	1단계 (2021-22)	2단계 (2023-24)	3단계 (2025~)
① 사용자 친화형 영상제품 생산 기술 개발	3	-	-
② 사용자 친화형 영상제품 생산 SW 개발	10	-	-
③ ARD 기초기술 고도화	-	30	-
④ ARD 활용 활성화 방안 기획연구	2	-	-
⑤ ARD 활용 활성화 추진	-	8	-
⑥ ARD 서비스 고도화	-	6	-
⑦ 융복합 ARD 플랫폼 개발	-	20	-
⑧ 전지구 ARD 활용 기술 개발	-	-	40
⑨ 융복합 ARD 활용 기술 개발	-	-	40
계	15	64	80
합계	159		

6) 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵

국토위성센터 ARD 구축을 위해 필요한 중점과제를 기초기술, 활용활성화, 융복합 분야별로 도출하고, ARD 서비스 준비, ARD 서비스 고도화, 융복합 서비스의 3단계로 구분하여 과제 간 연계성을 고려한 추진절차가 작성된 국토위성센터 ARD 구축의 중장기 로드맵은 그림 2-32와 같다.



<그림 2-32> 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵

서비스 준비 기간(2021~22년)에는 기초기술 개발을 위한 사전연구로 사용자 친화형 영상제품 생산 기술 개발 과제를 수행하여 국토위성용 대기보정 기술과 픽셀단위정보 탐지 기술을 개발하고, 시범제작을 통해 SW 개발에 필요한 요구사항과 국토위성센터 ARD의 사양을 정의한다. 또한 개발된 기술과 도출된 요구사항이 적용된 사용자 친화형 영상제품 생산 SW를 개발한다. 그리고 ARD 서비스 활용 활성화 방안 마련을 위한 기획연구를 함께 수행하여 ARD 서비스 제공을 위한 준비 단계를 마친다.

서비스 고도화 기간(2023~24년)에는 기초기술과 서비스 활용 활성화 분야의 고도화를 추진하고, 항공과 위성의 융복합 ARD 플랫폼 개발을 수행한다.

이 때, 기초기술 분야에서는 대기보정 기술 고도화를 위해 대기관측 보조자료 수집 시스템 연계 및 LUT 라이브러리 개발을 수행하여 국토위성용 대기보정 원천기술을 확보하고 주기적 검·보정 체계 운영을 통해 대기보정 정확도를 향상시킨다. 또한 한반도 기준점·DEM DB 고도화 및 관련 기술 개발을 통해 전지구 기하보정 기술을 개발하여 2025년에 전지구 ARD 서비스를 제공하는 것

을 목표로 한다.

서비스 활용 활성화 분야에서는 ARD 서비스 고도화 기획연구를 통해 ARD 산출물의 향상 방안과 항공·위성 융복합 ARD 생성 방안을 도출하여 기초기술 고도화 연구에 적용하고, 고해상도 위성 ARD 규격의 수용 방안을 연구하여 국토위성센터 ARD의 국내외 활용 활성화를 추진한다. 이때 서비스 준비단계에서 구성된 ARD 활용 사용자 협의체를 적극 활용하고, 해외 파트너 협업체계를 구축 및 운영하여 국외 위성영상정보 관련 전문 기관에서 국토위성센터 ARD가 인정받을 수 있도록, 대외적인 활동을 중장기적으로 추진한다.

융복합 분야에서는 타위성영상 뿐만 아니라 항공영상을 이용한 ARD 생성 기술을 개발하여 융복합 ARD 자료 생성 플랫폼을 개발한다. 융복합 ARD는 항공영상 대비 위성영상이 갖는 장점(시계열분석가능, 높은주기해상도, 다양한속성정보제공 등)과 항공영상의 특징(높은공간해상도, 대기영향최소화, 안정적인촬영각도 등)을 보유하는 국토위성센터만의 차별화된 산출물으로써, 국가기본공간정보의 활용 분야를 더 확대시킬 것으로 기대된다.

융복합 서비스 단계(2025~26년)에는 전지구를 대상으로 서비스되는 ARD를 이용한 활용산출물 생산 기술 및 시스템을 개발하고, 융복합 ARD 활용 기술을 개발한다. 융복합 서비스 관련 과제들은 장기적으로 추진될 필요가 있고, 사업 범위나 예산의 규모가 크기 때문에, 해당 과제 내용의 타당성과 예산 근거 마련을 위한 별도의 기획연구가 수행돼야 할 것으로 판단된다.

위에 설명된 로드맵 내 중점과제들에 대한 세부과제 및 과업 내용은 부록으로 첨부했다.

7) 기대효과

가) 경제적 효과

- 사용자의 위성영상 전처리 비용 및 시간 대폭 절감
- 영상취득부터 ARD 서비스까지 효율적인 시스템 처리를 통해 운영자 시간, 비용 단축
- 국토위성 활용도 증가 및 국산 대체재 마련에 따른 해외위성영상 구매비용 절감
- 가용데이터 다양화 및 융복합 활용을 통한 신규 부가가치 창출 효과
- 지속가능한 국토환경 및 기후변화 모니터링 등 관련 산업의 미래성장 기반 마련

나) 사회적 효과

- 표준화된 포맷의 데이터를 제공하여활용성 극대화 및 상호 운용성 확보
- 일관된 데이터 제공을 통해 국토위성센터 신뢰도 및 위상 강화
- 후속 위성정보 활용 분야의 선도적 역할 수행 및 성공적인 위성활용 롤모델 제시
- 보다 빠르고 정확한 국가 위성영상 활용 산출물 제공을 통해 대국민 서비스 수준 향상
- 국토위성정보 활용을 통해 국토관리, 재난·재해 대응 등 선제적 국토 현안 이슈 대응 가능

8) 향후 고려사항

본 과업 수행 기간 중 전문가 자문위원회를 구성하여 기초기술 분야별 전문가의 의견을 수렴하고, 이를 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵에 반영했다. 이때 주요한 의견 중 현재 과업에는 적용이 어렵지만, 추후에 관련 사업에서 고려하거나 참고할만한 항목들을 아래에 정리했다.

- 위성자료 품질 및 활용도를 제고하기 위한 활동 필요
- 센서감퇴 현상의 완화를 위한 촬영 운영 방식 조정 필요
- 절대검보정을 위한 공동 프레임워크 및 항우연과의 협업체계 구축 필요
- 타 ARD 자료 또는 공간정보와의 활용을 위한 좌표변환 SW 제작 및 제공 방안 고려 필요
- SNAP과 같은 L2, L3 처리 stand-alone SW 제공을 통한 ARD 활용 활성화 방안 고려
국토위성센터 ARD 성과가 국외 전문기관으로부터 활용되고 인정받을 수 있는 활동 고려
- 중장기적 계획사업의 예산 소요에 대한 근거와 내역을 뒷받침하는 별도의 기획연구 필요
- 적용 기술이 고도화 됨에 따라 적용된 알고리즘의 버전별로 ARD Product의 품질에 차이가 발생할 수 있으므로, ARD 서비스 고도화 단계에서 산출물 품질 차이를 고려한 제품군 분류 필요

3. 국내외 협업체계 구축 및 활용 활성화 방안

가. 국내외 협업체계 구축 방안

1) 위성 정보 접근성 및 활용의 애로 사항 조사 및 ARD 활용 분석

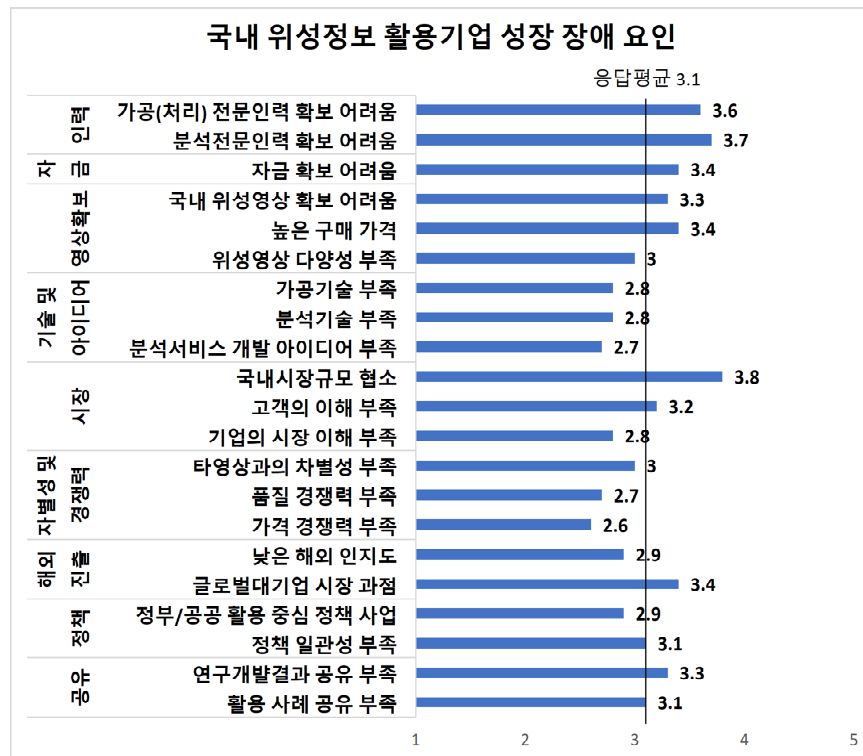
ARD를 활용하는 사용자 입장에서 겪는 위성 정보 접근성 및 활용의 애로 사항 파악을 위해 위성 영상 활용 관련 최신 문헌 자료를 인용해 분석하였다. 「국내 위성영상 산업 현황 및 발전 방향 (2020). 위성정보활용워크숍」문헌(항공우주연구원, 2020)을 토대로 위성정보 활용 기업의 성장 장애 요인, 위성영상 활용 애로 수준, 위성영상 산업경쟁력 강화를 위한 기업 의견을 중심으로 분석하였으며, 이를 요약한 결과는 다음 표 2-44와 같다.

<표 2-44> 위성 정보 접근성 및 활용의 애로사항 조사 및 분석 결과

구분	주요 사항(점수: (5) 매우 높음, (1) 매우 낮음)
위성정보 활용 기업 성장 장애 요인	(조사내용) 국내 위성영상 산업의 시장 규모 협소(3.8), 분석 전문 인력 확보 어려움(3.7), 자금 확보 어려움(3.4), 높은 영상 구매 가격(3.4), 글로벌 대기업 시장 과점(3.4), 국내외 위성영상 확보 어려움(3.3), 연구개발 결과 공유 부족(3.3) 순으로 성장 장애 요인 인식 (응답 평균:3.1)
	(조사내용) ARD 적시 공급 및 ARD 활용 연구개발 공유는 기업의 위성영상 확보의 어려움과 연구개발 결과 공유 부족으로 인한 성장 장애 요인 극복에 도움이 되리라 판단됨
위성영상 활용 주요 애로 사항	(조사내용) 보안 및 규제(3.9), 낮은 주기 해상도(3.7), 긴 위성영상 취득 기간(3.6)을 주요 애로 상황으로 인식 (응답 평균: 3.0)
	(조사내용) ARD의 적극적인 활용을 위해 관련 보안 및 규제 이슈의 애로 사항 해결이 필요하고, 낮은 주기 해상도와 긴 위성영상 취득 기간 애로 사항은 사용자에게 ARD 공급시 우선적으로 고려해야 할 사항임
위성영상 산업경 쟁력 강화를 위한 기업 의견	(조사내용) <ul style="list-style-type: none"> 고해상도 위성영상에 대한 쉬운 접근(위성영상 검색/제공 서비스 등)을 통해 사업 가능성 예측 및 활성화를 위한 정책 수립 필요 영상 관련 기업(부설연구소) 등에도 다양한 위성정보 무상 제공 필요: 위성영상 공유 활성화 <ul style="list-style-type: none"> 위성영상 공급이 많이 부족한 상태(특히 국내 영상을 공급받기가 어려움) 시장확대 측면에서 다양한 활용연구를 위한 테스트베드 지역 설정 필요
	(조사내용) <ul style="list-style-type: none"> ARD에 대한 쉬운 접근성(검색 및 제공 서비스)은 기업의 사업 가능성 예측 및 활성화에 기여 위성정보 접근성 개선 일환으로 ARD의 기업 대상 무상 제공, 공급 확대, 테스트베드 구축 및 활용에 대한 검토가 필요

가) 위성정보 활용 기업 성장 장애 요인

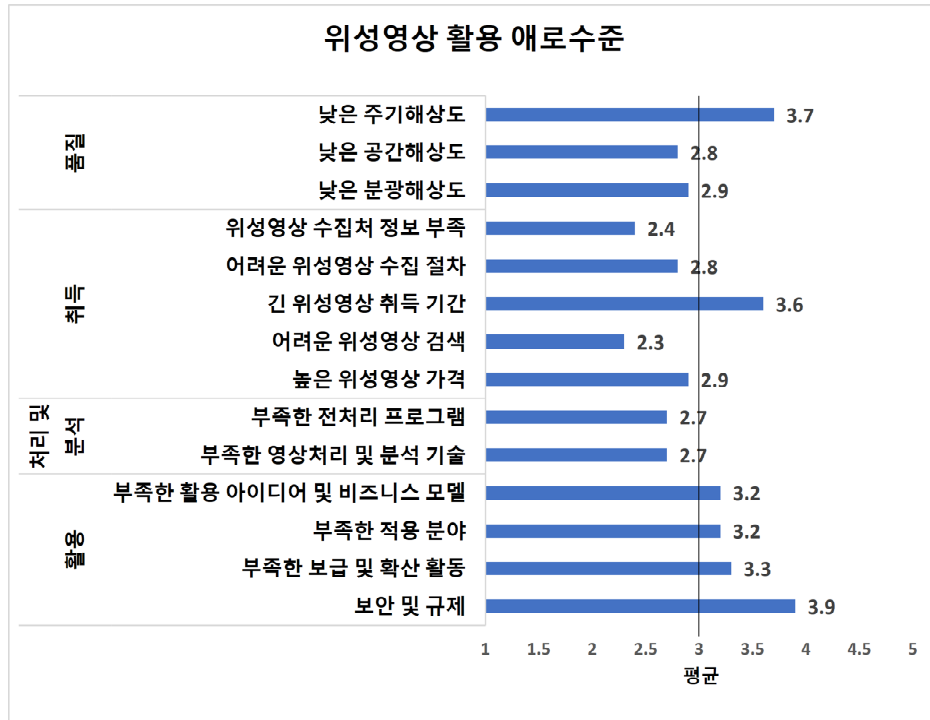
국내 위성정보 활용기업의 성장 장애 요인은 다음 그림 2-34와 같다. 주된 성장 장애 요인으로 는 국내 위성영상 산업의 시장 규모 협소(3.8), 분석 전문 인력 확보 어려움(3.7), 자금 확보 어려움 (3.4), 높은 영상 구매 가격(3.4), 글로벌 대기업 시장 과점(3.4), 국내외 위성영상 확보 어려움 (3.3), 연구개발 결과 공유 부족(3.3) 순으로 나타났으며, 응답 평균은 3.1로 나타났다. ARD를 적 시 공급하고, ARD 활용 관련 연구개발을 공유하는 것은 기업의 위성영상 확보의 어려움과 연구개 발 결과 공유 부족으로 인한 성장 장애 요인을 극복하는 데 도움이 될 것으로 판단된다.



<그림 2-33> 국내 위성정보 활용기업 성장 장애 요인
(1점(장애 요인 매우 낮음) ~ 5점(장애 요인 매우 높음))

나) 위성영상 활용 애로수준

사용자 입장에서 위성영상을 활용하는 데 마주하는 애로사항은 다음 그림 2-35과 같다. 주된 애 로사항으로는 보안 및 규제(3.9), 낮은 주기 해상도(3.7), 긴 위성영상 취득 기간(3.6) 순으로 나타 났으며, 응답 평균은 3.0으로 나타났다. ARD의 적극적인 활용을 위해서는 관련 보안 및 규제 이슈 의 애로 사항 해결이 필요하고, ARD를 공급할 때 낮은 주기 해상도와 긴 위성영상 취득 기간을 해 소하는 것을 우선적으로 고려해야 할 필요가 있다.



<그림 2-34> 위성영상 활용 애로수준
(1점(장애 요인 매우 낮음) ~ 5점(장애 요인 매우 높음))

다) 위성영상 산업경쟁력 강화를 위한 기업 의견

위성영상 산업경쟁력 강화를 위한 기업 의견은 다음 그림 2-36와 같다. 검색 및 제공 서비스 등 ARD에 대한 접근성을 쉽게 하는 것은 기업의 사업 가능성을 예측하고 활성화하는 데 기여할 수 있다. 따라서 위성정보 접근성 개선의 일환으로 기업 대상 ARD 무상 제공, 공급 확대, 테스트베드 구축 및 활용 등에 대한 검토가 필요하다.



<그림 2-35> 위성영상 산업경쟁력 강화를 위한 기업 의견

2) ARD 구축 및 활용 협업을 위한 국내외 산학연기관 분석

ARD 구축 및 활용 협업을 위한 국내외 산학연 기관들을 분석하기 위해 한국연구재단과 한국우주기술훈합회에서 발간한 「2020 우주산업 실태조사(2020)」 문헌 및 한국항공우주연구원 주관으로 최근 10년간 개최된 ‘위성정보활용워크샵’에 참여한 주요 산업체들을 분석 대상으로 선정하였다. 분석 방법으로, 먼저 연구기관 및 산업체별 홈페이지 및 인터넷에서 확인된 각종 자료에 기초하여 분석을 수행하고, 위성정보활용과 관련한 산학연 기관의 최근 10년간 연구 및 활동의 트렌드를 살펴보기 위해 ‘위성정보활용워크샵’ 연도별 발표 제목을 전수 조사하였다. 다음 그림 2-37 및 그림 2-38은 위성정보 활용 관련 연구기관 및 산업체들을 분석하여 정리한 결과이다.

구분	기관	위성 정보 활용 관련 주요 특징	우주산업실태 조사참여(2020년)	위성정보활용 워크샵 참여
연구기관	국립농업과학원	농림위성 개발에 참여, 전국 농경지 전자지도(‘팜맵’)를 기반으로 농업 기상정보, 병해충발생 정보, 토양분석 정보를 연계하여 공공데이터포털을 통해 일반에 제공(2019.5). 팜맵 정보: 항공영상, 위성영상, 현장실사 등을 통하여 논, 밭, 과수원, 시설 등을 판독하며 실제 경작하는 농경지를 구획한 농경지 전자지도 정보로서 2년 주기로 갱신되는 정보 제공	○	2018
	국립산림과학원	신기후체제 대응 농림위성정보의 산림활용 기반구축을 위한 검토정 기술 개발 연구 협의회 개최(2020.11.04). 원격탐사학과 및 한컴인스페이와 2020-2023년 까지 관련 검토정 기술 개발 연구 수행 중. ‘산림 분석 준비 데이터(Forest Analysis Ready Data)’를 제작 및 배포 준비. 이를 위해 국립농업과학원, 한국항공우주연구원의 협력 강화 추진	○	2015
	국립재난안전연구원	국립재난안전연구원의 상황정보분석센터는 재난(폭염, 가뭄, 지방변위 등) 분석을 위한 위성 자료의 식수신/수집, 분석 및 활용이 주목적으로 운용됨. 직접 운용하는 위성이 없지만, LANDSAT, MODIS 등 공개 영상을 식수신하는 구조를 가지고 있으며 국내외 위성 지상국 시스템과 유사한 운영 방식으로 운영	○	2014, 2016
	국토연구원	국토종합계획의 수립, 국토의 이용과 보전, 지역 및 도시계획, 주택 및 토지정책, 교통, 건설 경제, 환경, 수자원, 공간정보, 동북아 등 국토 전반에 걸쳐 폭넓은 분야를 연구. 국토연구원 국토정보연구본부 국토위성정보활용포럼 개최 (2014)	○	
	기상청 국가기상위성센터	위성기획과/위성운영과/위성분석과/차세대위성개발팀 운영. 위성분석과-안개, 황사, 산불 등 기상위성분석자료 생산 및 제공, 기상위성자료 분석기술 연구 및 개발, 기상위성분석자료 기 후.환경.방재분야 활용, 기상위성 산출자료 검증 및 개선	○	2011
	한국해양과학기술원	해양위성센터-천리안 해양위성의 주관 운영 및 실용화 기술 개발, 해양위성 활용 현안대응지원기술 연구 및 서비스, 해양위성 및 지상시스템 개발	○	
	한국환경정책평가연구원	환경공간정보의 제작, 분석 활용을 위해 위성영상이 핵심 도구로 활용. 토지피복지도, 국토환경성평가지도, 생태자연도 활용	○	2014, 2015
	한국해양과학기술원 부설 극지연구소	국내에서 극지 원격탐사는 위성탐사-빙권정보센터가 주도로 진행. 위성탐사-빙권정보센터 위성 활용 관련 임무-북극권 개발 및 활용을 위한 위성 자료 확보와 국제협력을 통한 해외 위성 자료 수집, 그리고 고품질의 위성정보 고충 처리 및 서비스, 극지 위성 관측 자료를 이용하여 빙권 변화 정보를 가시화 및 대국민 홍보. 아리랑위성들을 이용한 해빙 정보 생산과 국내외 다학제간 융합 협동 연구 개발 및 지원	○	
	국립수산과학원	위성해양정보시스템 서비스 제공- NOAA Series(AVHRR), SUOMI(VIIRS), AQUA/TERRA(MODIS), COMS(GOCI/MI) 중 4종류의 위성으로부터 직접 영상을 수집하고 있으며, 해양표면수온(Sea Surface Temperature, SST)의 경우 독자적으로 구축한 Cloud Free 시스템을 통해 NOAA, NPP Sea Surface Temperature(SST)를 생산	○	2013
	(재)국가농림기상센터	기상청, 농촌진흥청, 산림청, 서울대학교가 협력 약정 체결하여 2009년 설립된 공익법인. 기상데이터를 기반으로 전국의 농림업 생태계 현장에서 필요로하는 기상 기후 정보의 생산과 서비스를 위한 관측, 원격탐사, 모델링 관련 연구 개발	○	
	한국농어촌공사 농어촌연구원	미래농어촌연구소에서 위성영상, 드론, AI 등 4차산업기술을 활용한 수자원 기술 개발	○	
	한국원자력통제기술원	주변국 핵활동 기술정보 분석을 위하여, 국내외 위성영상 제공기관으로부터 위성영상을 수집하고 관련 기술 개발. 비확산기술지원센터-위성영상 변화탐지 기술 개발 수행. 위성영상 기반 핵활동 및 핵시설 탐지-분석 기술 개발: 위성영상 전처리(대기보정, 영상융합, 영상정합 등) 및 화소기반/객체기반 위성영상 변화탐지 및 정확도 평가 등 기술 개발	○	
	한국항공우주연구원	위성정보센터 영상체계개발실에서 『K-ARD 견본 영상제품 제작 및 K-ARD 기반 처리시스템 설계』를 위한 용역사업 추진 중 (2019.11~2021.4). 다목적실용위성 3호/3A호/5호의 영상제품들이 ARD의 형태로 변환될 수 있는지를 확인하고 그에 대한 검증 과정 필요에 의해 다목적실용위성 3호/3A호의 Level 1R/1G와 다목적실용위성 5호의 Level 1A/1C/1D 제품을 대체하지 않고, 추가적인 제품 처리과정으로 생성되는 것으로 가정하고 Level 1 제품을 K-ARD 제품으로 변환해주는 K-ARD Generator와 처리시스템의 설계 및 개발을 추진. 이를 위해 현재 배포 중인 다목적실용위성 영상 제품 규격과 CEOS LSI-VC(Committee on Earth Observation Satellites, Land Surface Imaging – Virtual Constellations)가 ARD 제품 규격으로 제시하고 있는 CARD4L PFS(CEOS ARD for Land Product Family Specifications)와 비교 분석하여 K-ARD 규격을 정의하고, 이를 만족하는 K-ARD 견본 영상제품 제작을 추진 중	○	

<그림 2-36> 위성정보 활용 관련 국내 연구기관 분석 결과

구분	기관	위성 정보 활용 관련 주요 특징	우주산업실태 조사참여(2020년)	위성정보활용 워크샵 참여
산업체	가이아쓰리디	공간지리 정보 관련 소프트웨어 개발, 기상 관련 소프트웨어 및 솔루션 개발	○	2020
	공간정보기술	수치사진측량 전문업체, 수치지도, 지도제작, 영상처리, 측량, 도시정보시스템 취급	○	
	라이브라컨설턴트	공공측량, GPS/GIS측량, 측량(GPS/GIS)Solution개발및판매	○	
	솔탑	위성관제시스템 소프트웨어 개발, 위성연구개발, 기상위성 영상수신처리 시스템 판매	○	
	신한항업	항공사진 촬영, 항공 측량, 현황 측량, 영상도화, 수치지도제작, GIS 프로그램개발	○	
	알앤지월드	공간영상정보 / 3차원 GIS / 각종 시뮬레이터용 영상 데이터베이스 제작 등 Digital Contents 사업	○	
	에스아이아이에스(SIIS)	아리랑 위성 2호, 3호, 3A호, 5호의 영상 판매	○	2015, 2017, 2020
	에스티티시스템	소프트웨어개발 등 응용소프트웨어 개발/우주환경소프트웨어, 감시제어시스템 개발	○	
	오토로닉스	항행용 우선기기 및 측량기구 제조업체	○	
	이엔지정보기술	위성영상 처리기술, 3차원 공간정보 구축기술 개발	○	
	이케이시스	GIS 솔루션 개발	○	
	인디웨어	원격탐사 데이터의 처리 및 응용 소프트웨어 및 관련 제품 국내 공급	○	
	한컴인스페이스	KOMPSAT 및 GEO-KOMPSAT 시리즈 지상국 개발 노하우를 기반으로 한 전문 시스템 개발. SAR, 광학, IR 위성 이미지 처리/고품질 이미지 정보 제공 서비스. 산림위성영상 검보정 프로토타입 소프트웨어 개발 참여	○	2016-2019
	중앙항업	항공측량 전문업체, 수치지도 제작, 지하시설물, 측지측량, 수로조사 등	○	2013, 2016, 2020
	지오시스템	공간 정보 전문 기업 Trimble의 파트너, Geospatial 솔루션 전문으로 제공	○	
	지오씨엔아이	GIS/RS/GPS를 이용한 솔루션 개발	○	
	지트	측량 및 DB 구축, 웹표준 솔루션, GIS 서버 엔진 및 시스템 통합, 컨설팅 서비스	○	
	케이웨더	국내 최대 날씨와 공기 서비스	○	
	텔레렌스	GIS 솔루션, LBS 관제서비스플랫폼 등 제공	○	
	픽소니어	항공·위성 영상처리 및 맵 엔진, 통합임무계획, 비행제어와 임무관리체계, 영상판독체계를 비롯한 핵심 소프트웨어를 개발	○	
	한국아이엠유	GIS/IT/영상처리에 특화된 솔루션 제공. Audodesk사 Gold 파트너	○	
	해양수산정책기술연구소	해양수산분야의 연구/기술/정책 개발	○	
	환경과학기술	환경 및 해양 분야의 전문 정보처리 업체	○	
	휴빌론	텔레매틱스 전문업체, CCTV교통서비스, 핸드폰 네비게이션 등 제공	○	
	공간정보	드론 판매 및 솔루션 제공 등 3차원 공간정보 데이터 구축 서비스 제공	○	
	한국정보기술단	정보시스템 개발 및 운영관리, 정보통신감리, 정보화사업 컨설팅 등	○	
	다비오	위치 기반 지도 제작 기술, 인공지능과 딥러닝을 활용한 지도 정보 기술기반 서비스 제공	○	
	볼시스	해상과 수중환경을 실시간·고정밀로 탐사하는 해양로봇 플랫폼, 수중 초고속 통신 모뎀 공급	○	
	선도소프트	공간빅데이터 플랫폼 개발 전문회사, GIS 융복합시스템 개발, 공간디지털트윈 기술지원	○	
	지오스토리	항공측량 및 3차원 솔루션 개발(항공 기반의 육상 및 수심 레이저측량, 디지털카메라, 하이퍼스펙트럴 분야 기술개발	○	2016
	에스이랩	빅데이터 분석솔루션 개발, 우주 환경분야 솔루션 개발, 과학기술자료 분석 및 어플리케이션	○	
	에스아이에이(SIA)	머신러닝, 인공지능을 이용한 위성, 항공영상 분석, 인공지능 기술을 기반으로 위성 및 항공 영상 분석 플랫폼과 데이터셋 개발 및 공급		2019, 2020
	컨텍	Space Ground Station 서비스, 위성영상 처리 및 응용 서비스 제공		2020
	네이버시스템	측량, GIS, LBS, 공간빅데이터 분야 서비스 제공		2019
	올포랜드	지리정보데이터베이스구축및수치도화업		2020
	빌리언21	해양수산·환경·농식품·생명 자원 분야에서의 GIS 개발		2016

<그림 2-37> 위성정보 활용 관련 국내 산업체 분석 결과

ARD 활용 협업을 위한 국외 기관으로는 위성활용 사진측량 및 원격탐사 분야에서 학술 연구 및 협력이 활발하게 이루어지고 있는 일본 원격탐사학회(RSSJ), 대만 사진측량 및 원격탐사학회(CSPRS)가 있으며, 기관에 대한 상세 정보는 다음 그림 2-39와 같다.

대만사진측량및원격탐사학회(CSPRS)

- 회장 외 상임이사 6명, 이사 14명으로 임원진이 구성되어 있으며 사진측량 및 원격탐사 기술의 학술 연구 발표를 활발하게 하고 있으며, 대한원격탐사학회가 개최한 2010년 International Symposium on Remote Sensing(ISRS)에 20여명이 참석한 이래로 ISRS에 적극적으로 참여하고 있으며 대만에서 개최된 ISRS2019는 192명이 참가함

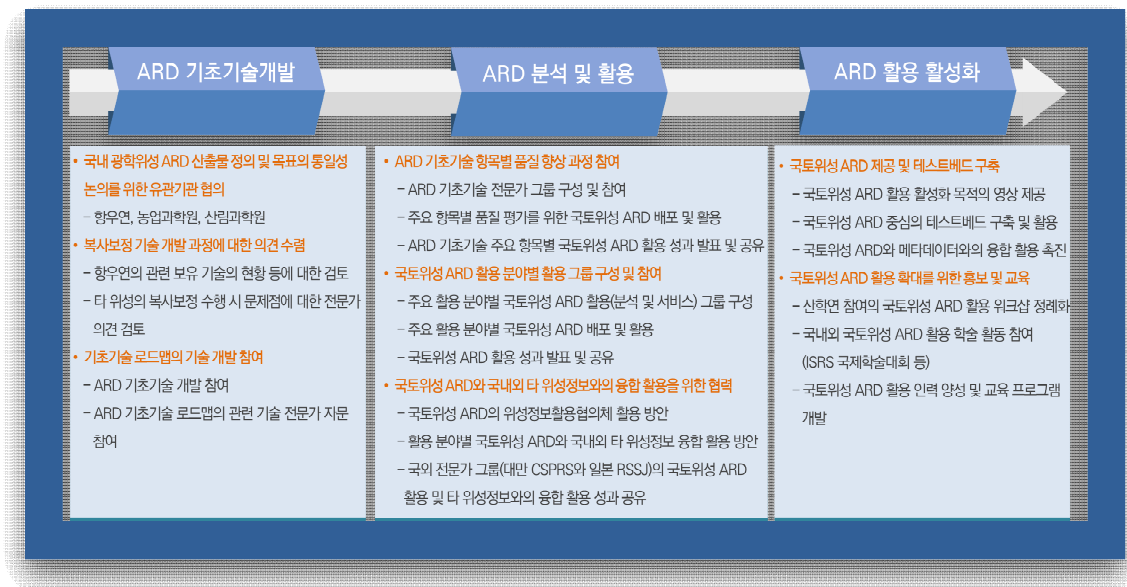
일본원격탐사학회(RSSI)

- 회장 외 부회장 4명, 이사 14명, 감사 2인으로 임원진이 구성되어 있으며 회원수 1,200여명의 학회로, 2년에 한 번 컨퍼런스를 개최하고, 학술 저널을 연간 5번 발행함. 학술 커뮤니케이션을 해외로 확대하기 위해 2003년도에 대한원격탐사학회와, 2006년에는 대만사진측량및원격탐사학회(CSPRS)와 학술 협력 협약을 체결함

<그림 2-38> 위성정보 활용 관련 국외 기관 정보

3) 국내외 협업체계 구축 방안

국내외 ARD 협업체계 구축 방안을 수립하기 위해, 먼저 ARD 활용을 위한 협업 요소를 도출하고, 각 그룹별 ARD 활용을 위한 협력 요소를 파악하였다. ARD 활용을 위한 협업 요소를 도출한 결과는 다음 그림 2-40과 같다.



<그림 2-39> ARD 활용을 위한 협업 요소

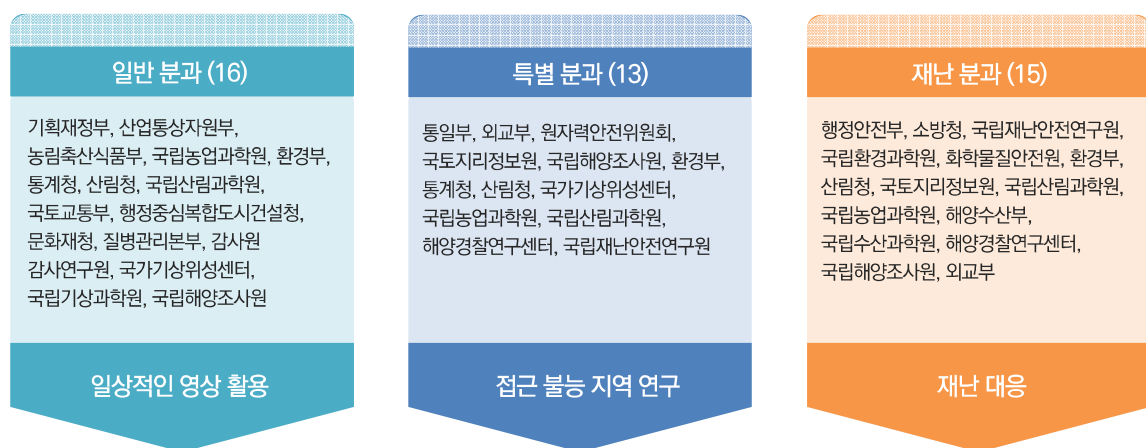
다음 그림 2-41과 같이, ARD 활용 서비스 분야에서 파트너를 발굴하기 위해 3개의 그룹을 대상으로 ARD 활용을 위한 협력 요소를 파악하는 방안이 있다. 정부 위성정보 활용 협의체 기관 및 산학연 기관을 대상으로 ARD 구축 및 활용 협력을 위한 설문조사를 수행하여 분석하는 방안, 국외 기관 전문가들을 대상으로 국토위성센터 ARD 활용 협업 요소를 도출하는 방안을 고려할 수 있다.



<그림 2-40> ARD 활용 서비스 분야 파트너 발굴 방안

가) 정부 위성정보활용 협의체 ARD 활용 수요에 대한 협력 요소 파악

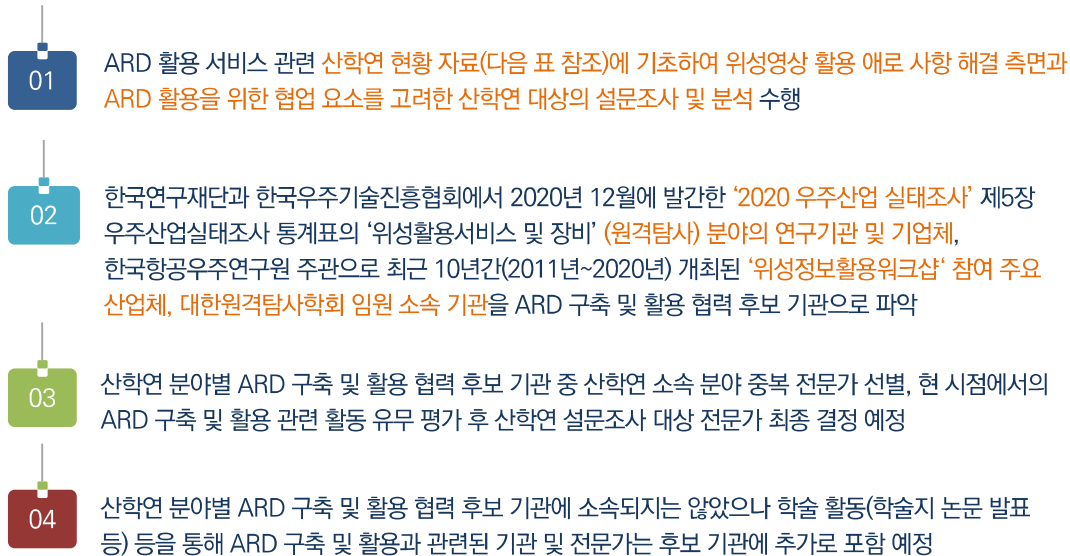
ARD 활용 협력 요소 파악을 위해 대정부 활용 기술지원 차원에서 위성정보활용협의체와 그 소속 기관을 대상으로 설문조사를 진행하여 분석을 수행하는 방안을 고려할 수 있다. 위성정보활용 협의체 구성('19.4월 기준 28개 기관 참여)은 일상적인 활용기관, 접근불능지역 관심기관, 재난 관련 기관으로 구분되며, 다음 그림 2-42와 같다.



<그림 2-41> 정부 위성정보활용협의체 구성

나) 산학연 기관 대상 ARD 구축 및 활용 협력 요소 파악

ARD 활용 협력 요소 파악을 위해 산학연 기관을 대상으로 설문조사를 진행하여 분석을 수행하는 방안을 고려할 수 있다. 이 과정에서 위성영상 활용 애로사항을 해결하는 측면으로 접근하면 사용자 친화적인 ARD 구축 및 활용 활성화를 위한 협력 요소를 도출하는 데 기여할 수 있다(그림 2-43).



<그림 2-42> 산학연 기관 대상 ARD 구축 및 활용 협력 요소 파악 방안

ARD 구축 및 활용 협력을 고려할 수 있는 국내 산학연 기관 목록은 다음 그림 2-44와 같다.

연구 기관	산업계	학계(학회)
'2020 우주산업 실태조사'의 '위성활용서비스 및 장비' (원격탐사) 분야의 연구기관	'2020 우주산업 실태조사'의 '위성활용서비스 및 장비' (원격탐사) 분야의 기업체 및 '위성정보활용 워크샵' 참여 기업체	위성영상활용워크샵 참여 대학 대한원격탐사학회 임원 소속 기관
국립농업과학원, 국립산림과학원, 국립재난안전연구원, 국토연구원, 기상청, 국가기상위성센터, 한국해양과학기술원, 한국환경정책평가연구원, 한국해양과학기술원부설 극지연구소, 국립수산과학원, (재)국가농림기상센터, 한국농어촌공사, 농어촌연구원, 한국원자력통제기술원, 한국항공우주연구원	가이아쓰리디, 공간정보기술, 라이브라컨설팅, 솔탐, 신한형업, 알앤지월드, 에스아이아이에스(SIIS), 에스이티시스템, 오토로닉스, 이엔지정보기술, 이케이시스, 인디웨어, 한컴인스페이스, 중앙항업, 지오시스템, 지오씨엔아이, 지트, 케이웨더, 텔레컨스, 픽소니어, 한국아이엠유, 해양수산정책기술연구소, 환경과학기술, 휴빌론, 공간정보, 한국정보기술단, 다비오, 블시스, 선도소프트, 지오스토리, 에스이랩, 에스아이에이(SIA), 컨텍, 네이버시스템, 올포랜드, 빌리언21	경북대, 충북대, 울산과학기술원, 서울시립대학교, 세종대학교, 건국대학교, 서울대학교, 인하대학교, 공주대학교, 상지대학교, 국민대학교, 강원대학교, 인하대학교, 한국항공우주연구원, 세종대학교, 부경대학교, 서울시립대학교, 국동대학교, (주)세트렉아이, 한국해양과학기술원, 국립산림과학원, 서울대학교, (주)픽소니어, 극지연구소, 행정안전부, 경북대학교, 가이아쓰리디(주), 한국해양과학기술원, 건국대학교, 공간정보산업진흥원, 충남대학교, 한국환경정책평가연구원, 한국지질자원연구원, 국방과학연구소, 울산과학기술원, 고려대학교, (주)인스페이스, 성균관대학교, 충북대학교, 연세대학교, 국립농업과학원, 세종대학교, 서울디지털대학교

<그림 2-43> ARD 구축 및 활용 협력 후보 산학연 기관 현황

다) 해외 기관 전문가 대상 국토위성센터 ARD 활용을 위한 중장기 협업 요소 파악

국토위성센터 ARD 활용을 위한 중장기 협력 요소를 파악하는 방안의 일환으로 금년 5월에 개최된 국제학술대회 ISRS 2021 기간 중에 대한원격탐사학회를 비롯하여 대만 CSPRS, 일본 RSSJ의 임원이 참가하는 비즈니스 미팅에서 관련 논의가 진행되었다. 아래의 그림 2-45는 국토위성센터 ARD 활용을 위한 중장기 협력 방안 도출 추진을 나타낸다.

중장기 협력 방안 도출 추진

- ISRS 국제학술대회 주요 참가 해외 학회 (대만 CSPRS와 일본 RSSJ)와의 협력 방안 도출 추진
- 대한원격탐사학회를 중심으로 대만 CSPRS와 일본 RSSJ가 함께 개최하는 ISRS 국제학술대회를 중심으로 국토위성 ARD 구축 및 활용 관련 특별 세션 운영 방안 논의
- ISRS2021 개최 기간(5월 26-28일) 중 3개 학회 관련 협의 추진



CSPRS

- 대표자: Prof. Jen-Jer Jaw
- 소속기관: National Taiwan University, Taiwan

RSSJ

- 대표자: Prof. Sashiko Hayashida
- 소속기관: Nara Women's University, Japan

<그림 2-44> 국토위성센터 ARD 활용을 위한 중장기 협력 방안 도출 추진

주요 논의 사항은 대한원격탐사학회를 중심으로 대만 CSPRS와 일본 RSSJ가 함께 개최하는 ISRS 국제학술대회를 중심으로 국토위성센터 ARD 활용 관련 특별 세션 운영 방안 등에 대한 의견이 제안되었고, 국토위성센터 ARD 활용 및 협력과 관련하여 대만, 일본의 관련 전문가들에게 향후 관련 사항을 공유하기로 하였다. 금번 비즈니스 미팅에 참석한 대한원격탐사학회, 대만 CSPRS, 일본 RSSJ 임원 현황은 다음 표 2-45와 같다.

<표 2-45> ISRS2021 비즈니스 미팅 참석 인원 현황

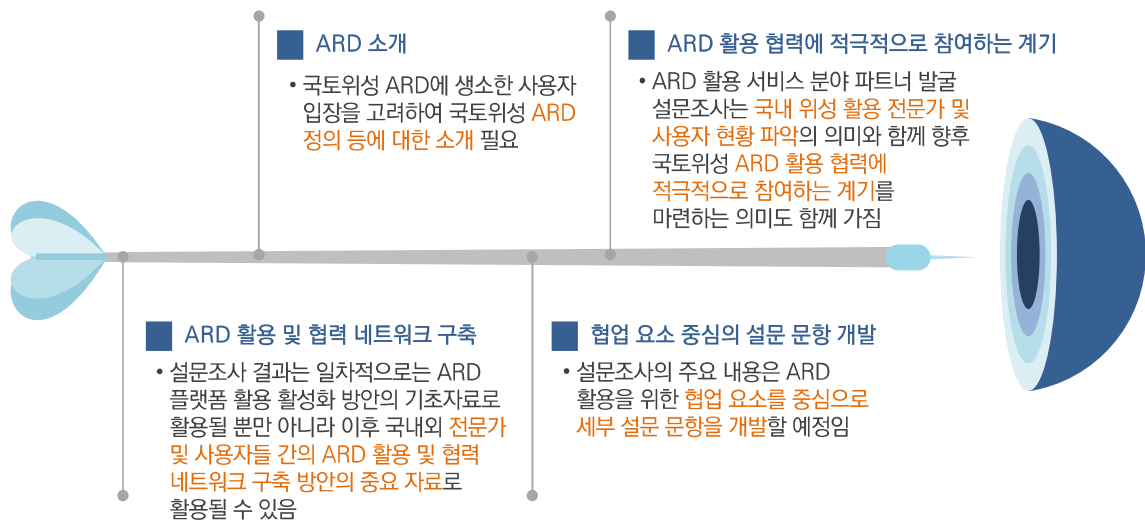
구분	참석 인원
대한원격탐사학회	President of KSRS
	Vice President of KSRS
	Vice President of KSRS
	Executive Director of KSRS
	International Cooperation Director of KSRS
일본 RSSJ	President of RSSJ
	General Co-Chair of ISRS 2022
	Former President of RSSJ
	Former Head of International Affairs of RSSJ
	Head of International Affairs of RSSJ
	Member of International Affairs of RSSJ
대만 CSPRS	President of CSPRS
	Coordinator of Academic Committee, CSPRS
	Deputy Coordinator of Academic Committee, CSPRS
	Member of Academic Committee
	Member of Academic Committee, CSPRS

나. ARD 활용 활성화 방안

1) ARD 활용 분야별 사용자그룹 의견 조회

가) ARD 활용 활성화 설문조사 추진 배경

ARD 활용 활성화 방안 마련을 위한 ARD 활용 분야별 사용자그룹 의견 조회를 위해 국가적 ARD 수요 영역의 핵심 활용 분야와 관계가 있는 정부 위성정보활용협의체 소속 기관을 비롯하여 ARD 분석 및 활용 기술 개발, 서비스 제공 관련 학계 및 산업체를 대상으로 ARD 활용 활성화를 위한 설문 조사 및 분석을 수행하였다. ARD 활용 활성화 설문조사는 국토위성센터 ARD에 생소한 사용자들에게 ARD 정의 및 활용 사례를 제공하는 한편, 향후 ARD 활용 협력에 적극적으로 참여하는 계기를 마련할 수 있도록 ARD 활용 협업 요소 항목의 설문 문항을 개발하였다. 아래의 그림 2-46은 ARD 활용 설문조사 추진 시 주요 고려 사항을 나타낸다.



<그림 2-45> ARD 활용 설문조사 추진 시 주요 고려 사항

나) ARD 활용 활성화 설문조사 내용 구성

ARD 활용 활성화 설문조사 내용은 <표 2-46>와 같이 설문 응답자 정보, 기존 위성 정보 활용 현황, 국토위성센터 ARD 정보 활용, 국외 ARD 활용 경험, 국토위성 ARD 활용 활성화와 관련된 문항으로 구성되었다. 설문 문항과 함께 국토위성센터 ARD에 대한 응답자들의 이해를 높이고자 ARD 정의 및 서비스, ARD 서비스 특징, ARD 활용 예시를 별도로 설문조사표에 수록하였다. ARD 활용 예시로 시계열 위성영상의 활용, 다양한 공간정보와의 연계 활용, 품질속성밴드를 활용한 구름 탐지의 내용을 관련 설문 문항 앞에 배치하였다.

<표 2-46> ARD 활용 활성화 설문 문항 내용 구성

문항 구분	문항수	설문 문항 내용
응답자 정보	3문항	소속 기관/연구분야/관련 분야 근무 경력
위성정보 활용 현황	4문항	실제 위성영상 획득 소요 기간 희망하는 위성영상 획득 소요 기간 현재 활용 중인 위성영상의 종류와 활용 목적 위성영상 정보 활용 과정의 애로 사항
국토위성센터 ARD 정보 활용	5문항	국토위성센터 ARD 표면 반사율 정보 국토위성센터 ARD 복사/대기보정 정보 국토위성센터 ARD 기하보정 정보 국토위성센터 ARD 일반 메타 정보 국토위성센터 ARD 픽셀단위정보
국외 ARD 활용 경험	6문항	국외 ARD 자료의 활용 경험 유무 국외 ARD 자료 활용 목적 국외 ARD 자료 획득 소요 기간 국외 ARD 자료 획득 비용 국외 ARD 자료의 즉시 분석 가능 정도 고해상도 ARD 활용도 전망
국토위성센터 ARD 활용 활성화	3문항	국토위성영상 활용 활성화를 위한 우선 추진 사항 국토위성센터 ARD 구축 및 활용 협업 요소 국토위성영상 활용 확대 방안

다) ARD 활용 활성화 설문조사 방법 및 기간

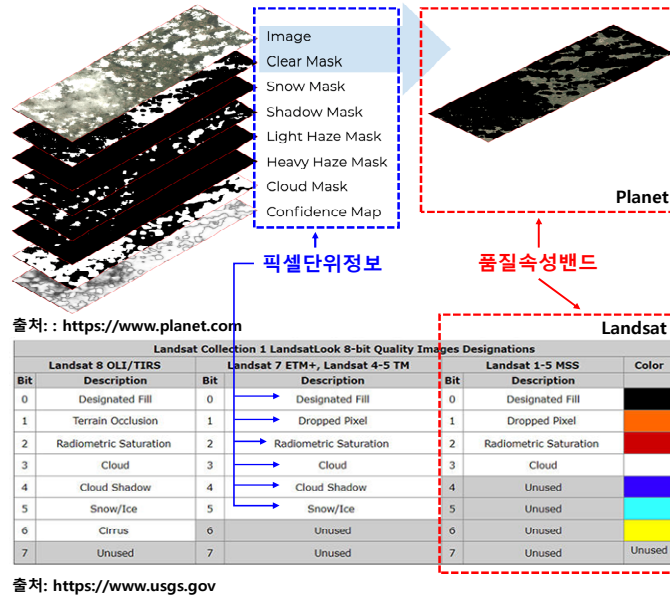
설문조사는 정부 위성정보활용 협의체 소속 기관을 포함하여 사전에 파악된 산학연 기관의 관계자들에게 이메일로 설문조사 요청을 하고 구글 온라인 설문조사 방식으로 진행하였다. 설문조사 기간은 2021년 6월 10일(목)부터 6월 23일(수)까지 2주간 진행하였다.

라) 설문지에 포함된 ARD 설명 자료

ARD 활용 활성화 설문조사의 응답자들이 설문 내용을 잘 이해할 수 있도록 ARD와 관련된 자료로 ARD 정의 및 제공되는 데이터(그림 2-47)와 ARD 서비스 특징을 소개하는 그림(그림 2-48)을 설문지 내용에 포함하였다. ARD 활용에 대한 응답자들의 이해를 돕기 위하여 시계열 위성영상 활용,(그림 2-49) 다양한 공간정보와의 연계 활용(그림 2-50), 품질속성밴드를 활용한 구름 탐지에 대한 활용 예시 그림(그림 2-51)을 설문지 내용에 함께 제시하였다.

ARD 정의 및 제공되는 데이터

- 사용자 친화형 영상 제품 또는 분석준비자료(Analysis Ready Data, ARD)
 - ✓ 사용자가 최소한의 노력으로 위성 영상 기반의 분석이 가능하도록 전처리 과정을 거치고 타 자료와 상호운할 수 있는 형태로 가공된 자료를 의미합니다. ARD는 일반적으로 1) **표면 반사율(Surface Reflectance)** 정보 2) **복사/대기/기하보정 정보** 등의 일반 메타정보 3) **픽셀단위정보**가 제공됩니다. 픽셀단위정보는 하나의 화소를 여러 비트로 구분하여 각 비트마다 정해진 정보가 입력되며 품질속성밴드 (Quality Assessment band) 형태로 제공됩니다.



<그림 2-46> ARD 정의 및 제공되는 데이터

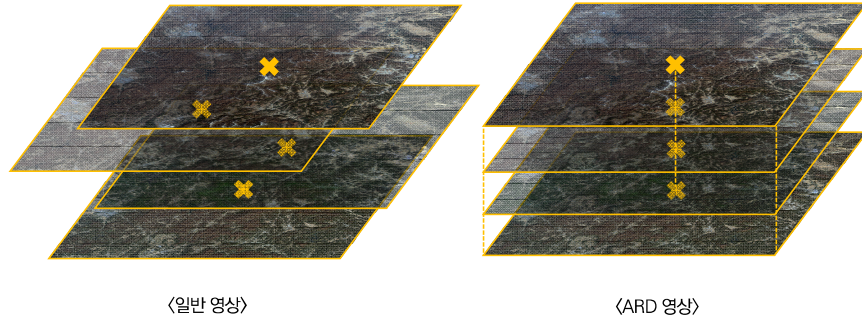
ARD 서비스 특징 소개



<그림 2-47> ARD 서비스 특징 소개

활용예시: 시계열 위성영상 활용

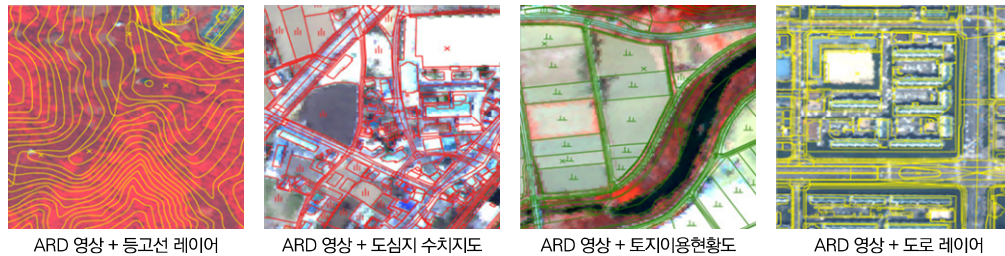
- ARD를 통해 효율적인 시계열 분석 가능
 - ✓ ARD는 시계열 영상 활용 시 문제요인이 되는 기하 및 방사오차가 보정된 영상을 격자형태로 규격화하여 제공하기 때문에, 기하보정 및 복사보정을 위한 전처리과정의 생략이 가능함



<그림 2-48> ARD 활용 예시: 시계열 위성영상 활용

활용예시: 다양한 공간정보와의 연계 활용

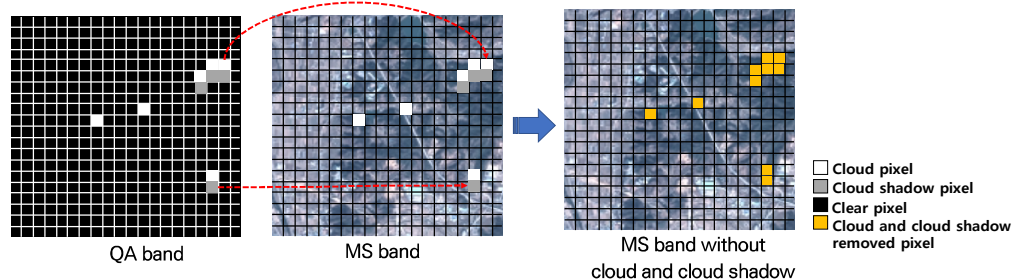
- ARD 영상을 타 공간정보와 연계하여 다양한 분석 가능
 - ✓ ARD 영상은 격자단위로 규격화되어 있어 별도의 처리없이 수치지도 및 토지이용현황도 등의 타 공간정보와 연계하여 다양한 분석이 가능함



<그림 2-49> ARD 활용 예시: 다양한 공간정보와의 연계 활용

활용예시: 품질속성밴드를 활용한 구름 탐지

- Landsat 8호 ARD 산출물 중 QA밴드를 활용한 영상 내 구름 탐지
 - ✓ 영상의 각 화소가 구름인지 여부를 나타내는 정보를 품질속성밴드에서 확인하여 사용자가 복잡한 알고리즘을 사용할 필요 없이 시기별, 영상별, 지역별 특성 차이에 관계없이 구름을 손쉽게 탐지



<그림 2-50> ARD 활용 예시: 품질속성밴드를 활용한 구름 탐지

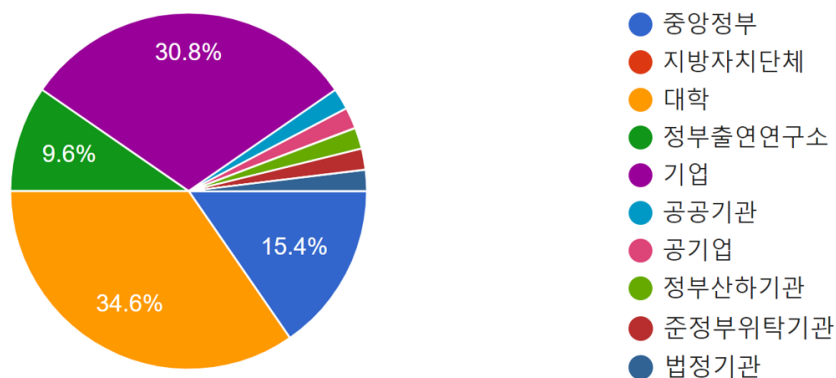
2) ARD 활용 분야별 사용자그룹 설문조사 결과

가) 설문 응답자 정보: 문항 1 ~ 문항 3

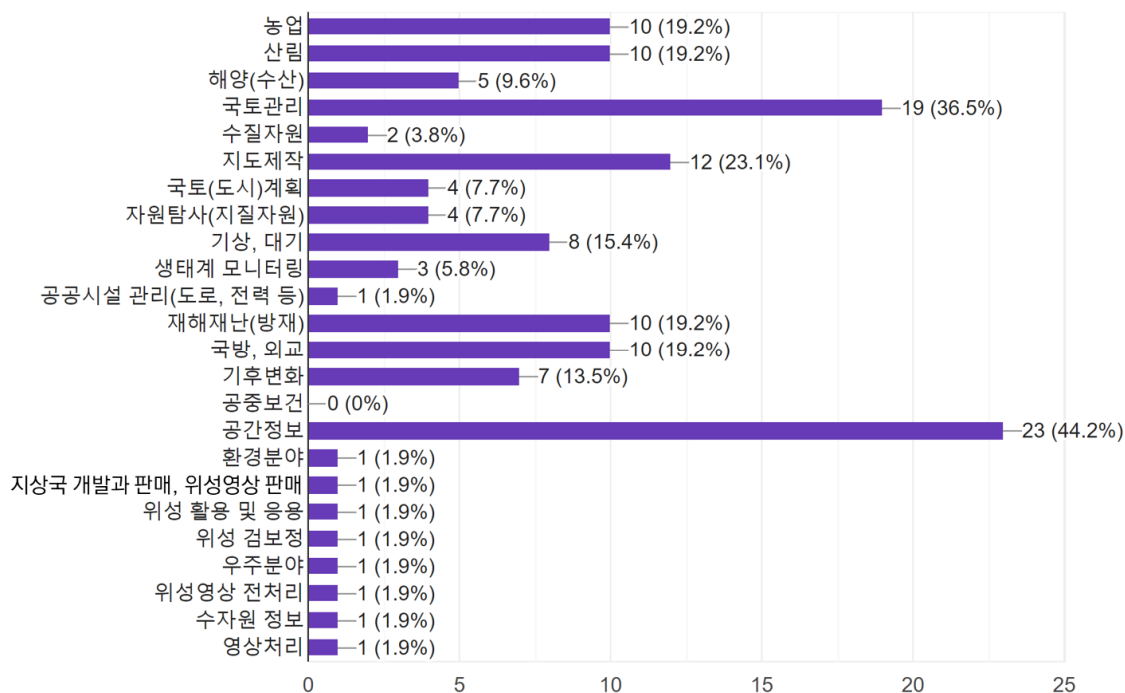
설문조사 응답자는 총 52명으로 근무 기관 유형별로 대학 34.6%, 기업 30.8%, 중앙정부 15.4%, 정부출연연구소 9.6%의 분포를 보였다. 그 외 지방자치단체, 공공기관, 공기업, 정부산하 기관, 준정부위탁기관, 법정기관의 근무자가 설문에 응답하였다. 설문조사 응답자의 연구 분야는 공간정보 44.2%, 국토관리 36.5%, 지도제작 23.1%, 농업, 산림, 재해재난(방재), 국방/외교 19.2%, 기후변화 13.5%, 해양(수산) 9.6%, 국토(도시)계획, 자원탐사(지질자원) 7.7% 이외에 환경분야를 포함하여 다양한 연구 분야의 분포를 보였다. 설문조사 응답자의 위성정보활용 관련 분야의 근무 경력은 20년 이상 32.7%, 10년 이상~ 20년 미만 26.9%, 5년~10년 미만 19.2%, 5년 미만 21.2%의 분포를 보였다.

설문조사 응답자 정보를 종합해 볼 때, 응답자의 90.4%가 대학, 기업, 중앙정부, 정부출연연구소에 소속되어 있었으며 특정 기관 유형에 편중되지 않은 적절한 분포 비율을 보였다. 응답자의 연구 분야는 국토위성의 활용과 관련이 깊은 공간정보, 국토관리, 지도제작 관련 분야의 응답자가 많았으며 그 외 다양한 연구 분야의 종사자들이 설문조사에 참여하였다. 응답자의 위성정보활용 관련 분야의 근무 경력은 20년 이상이 32.7%의 비율을 보였으며 여기에 10년 이상~20년 미만의 근무 경력자를 포함하면 전체의 59.6%가 10년 이상의 위성정보활용 분야 근무 경력 분포를 보였다.

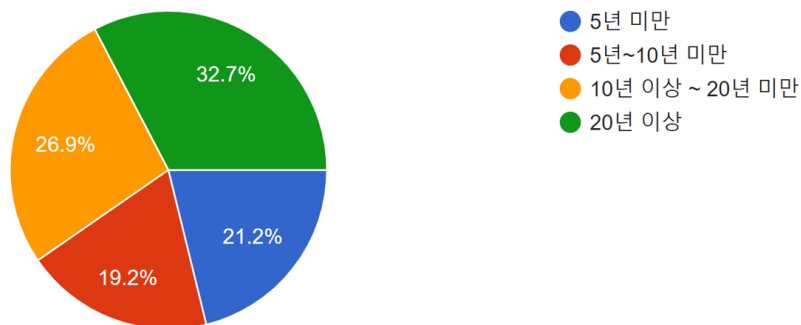
문항 1	귀하가 근무하는 기관은 다음 중 어디에 해당됩니까?
------	------------------------------



문항 2 귀하의 연구 분야는 무엇입니까? (복수 선택 가능, 최대 3개)



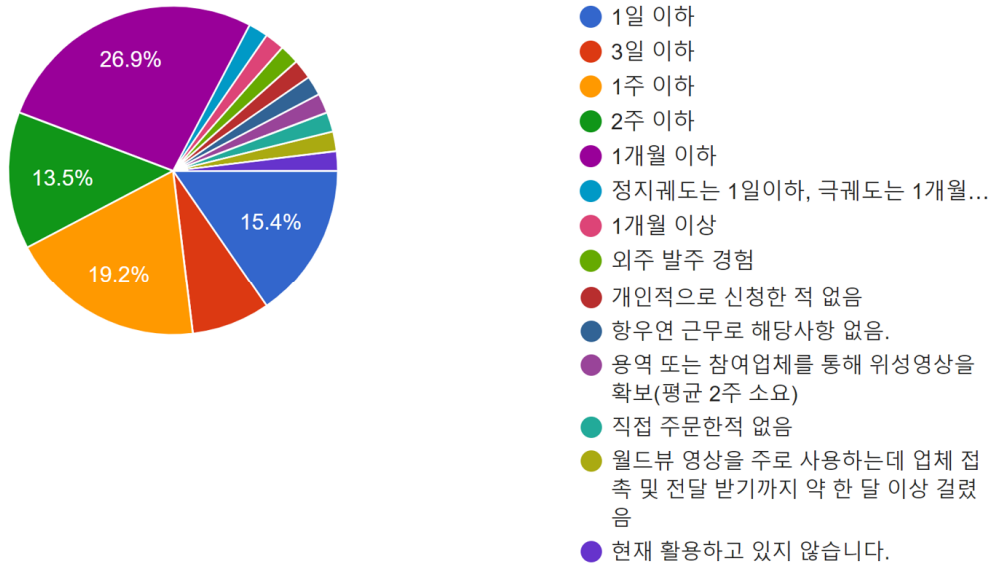
문항 3 귀하의 위성정보활용 관련 분야의 근무 경력은 어떻게 됩니까?



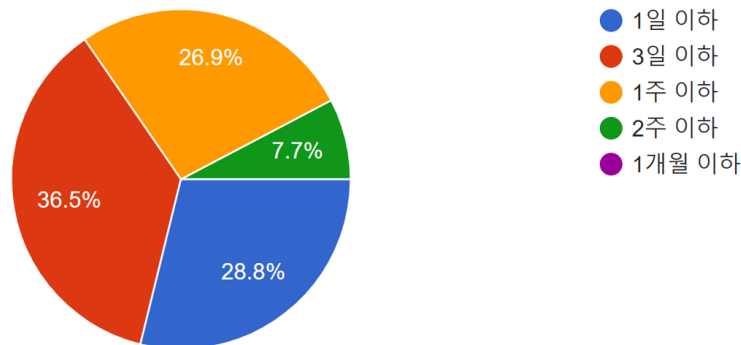
나) 위성정보 활용 현황: 문항 4 ~ 문항 7

주로 활용한 위성영상의 주문 신청 이후 획득까지 소요되는 기간은 1일 이하 15.4%, 3일 이하 7.7%, 1주 이하 19.2%, 2주 이하 13.5%, 1개월 이하 26.9%의 분포를 보였다. 이에 따라 획득 소요 기간이 1주 이하는 응답자의 42.3%, 2주 이하는 55.8%에 해당하는 결과를 보였다. 희망하는 위성영상 획득 소요 기간은 1일 이하 28.8%, 3일 이하 36.5%, 1주 이하 26.9%, 2주 이하 7.7%의 비율을 보여, 1일 이하부터 3일 이하의 기간을 원하는 응답자는 65.3%, 1일 이하부터 1주일 이하의 기간을 원하는 응답자는 92.2%로 파악되었다.

설문 문항 4.	주로 활용하는 위성영상은 주문 신청 이후 받을 때까지 실제로 어느 정도의 기간이 소요 됩니까?
----------	--



설문 문항 5	위성영상의 주문 신청 이후 받을 때까지 어느 정도의 기간이 소요되기를 희망합니까?
---------	---



현재 활용 중인 위성영상의 종류와 활용 목적에 대한 문항에서 현재 활용 중인 위성영상의 종류는 아리랑위성(K2/K3/K3A), WorldView, RadpidEye, Sentinel, Landsat 영상을 주로 사용하고 그 외 PlanetScope, Pleiades, SPOT, MODIS, 천리안2A 영상 등을 활용하는 것으로 조사되었다. 위성영상 활용 목적은 다양한 활용 분야의 분석 솔루션 개발, 지도 제작, 연구, 변화탐지 등의 활용 목적 이외에도 GIS, 검보정, 공간정보 생성, 국방, 기상, 기후변화, 산림, 재해재난 등 다양한 분야의 활용을 포함하는 것으로 조사되었다. 아래의 표 2- 47은 활용중인 위성영상의 종류와 활용 목적을 나타낸다.

설문 문항 6	현재 활용 중인 위성영상의 종류는 무엇이고 어떤 활용 목적으로 사용하고 있습니까?
---------	---

<표 2-47> 활용 중인 위성영상의 종류와 활용 목적

구분	활용 영상 종류 및 활용 목적
GIS	다양한 위성자료(WorldView-3, Sentinel, Landsat-8)를 사용중이고, GIS 웹 시스템 개발을 위한 가시화 기능 테스트 용도로 사용하고 있습니다.
검보정	Level 0F, Level 1R, Level 1G / 위성 검보정
공간정보	KOMPSAT, WorldView 등, 3차원 공간정보 생성 목적 고해상도위성영상(월드뷰)을 사용 중이고 3차원 공간정보 생성에 사용 중임
국방	종류 - 고해상도 위성영상(world view, 아리랑 3a 등) 목적 - 군사용 적 징후 판독 시스템 개발, 군 무기체계에 위성이 배경지도로써 개발되는 활용 시스템(전차, 항공기, 지상 통제 장비, 상황 관제 시스템 등)
기상	Sentinel-2, 개인연구 천리안-2A, 강우조사 Sentinel-1 영상레이더 산란특성을 이용한 집중강우 시 부유폐기물 탐지
기하보정	KOMPSAT-3/3A, 기하보정 연구
기후변화	극궤도/정지궤도 위성, 수문기상인자 및 기후변화에 대한 연구 위성종류: 온실가스 위성(OCO-3,OCO-2), 환경위성(천리안 2B호), 기상위성(천리안 2A호); 입체감시 및 기후연구
도시	고해상도/중해상도 광학위성을 도시관리와 Natural Resource 분야 연구에 활용함
변화탐지	Sentinel 지표변화 K2, K3, K3A, 접근불능지역 시설물 변화 및 경제사회 현상 분석 K3A - 변화탐지
분석 솔루션	KOMPSAT, Geo-KOMPSAT, COMS 위성영상을 주로 사용하며, 정부/공공기관 영상제공 및 정보분석 솔루션 개발 지원을 주 목적으로 합니다. KOMPSAT-3, KOMPSAT-3A 위성영상을 주로 활용하고 있으며, 위성영상에 AI를 접목하여 다양한 활용 목적(불법건축물 단속, 변화탐지, 통계분석 등)으로 활용함 RapidEye, Sentinel-2 / 농림위성 활용 기술 개발 worldview, kompsat3 모의영상제작 아리랑2호, 3호, 3A호, 5호. 표준 위성영상 제품 판매와 고부가 제품 제작
산림	Landsat, Rapid Eye 등. 산림인벤토리 광학위성(Landsat, SPOT, RapidEye, KOMPSAT) 산림식생/임상구분, 산림재해(산불, 산사태, 병충해 피해)탐지 모니터링, 북한 산림자원 및 황폐지 조사, 기후변
수자원	MODIS 광역 시계열자료/ 수자원 정보
연구	Landsat / 연구목적 MODIS, Sentinel, Landsat, RapidEye, DOVE, Kompsat 등 연구목적 주로 KOMPSAT-3 및 3A 영상 활용, 연구목적으로 활용 중 아리랑위성, 연구 K3A/ 연구 K2/K3/K3A, 교육용 및 연구용 KOMPSAT, Planet, WorldView - 연구개발용
영상품질	고해상도 광학영상. 영상품질 개선 용도
재해재난	SAR, 재해재난 탐지 SAR / 재난재해, 변화탐지
지도제작 등	Landsat, Sentinel, 주제도 작성 아리랑3/3A, Pleiades, SPOT 등 - 영상지도 제작 KOMPSAT 정사영상 / 북한지역 영상지도 서비스 제공 고해상도광학위성(다목적실용위성): 기하보정, 지도제작, 연구, / 정지궤도환경위성:대기오염모니터링 아리랑3호,월드뷰 : DEM, 지형도제작 KOMPSAT-3A, 토지피복분석

위성영상 정보 활용과정에서 겪은 애로 사항에 대해서는 데이터 배포 방식에 대해 가장 많은 14명의 응답이 있었으며, 전처리과정 9명, 데이터 품질 5명, 데이터 매뉴얼 4명 응답 이외에 데이터 포맷, 배포 소요 시간, 상호 운용성, 메타데이터 등에 대한 응답이 이어졌다(표 2-48).

설문 문항 7	위성영상 정보 활용과정에서 겪은 애로사항이 있다며 기술해주시기 바랍니다. (예시: 데이터 포맷(GeoTIFF, JPEG 등), 데이터의 제공 방식(웹, FTP, API 등), 기타 등등)
---------	--

<표 2-48> 국토위성영상 활용 확대 방안에 대한 의견

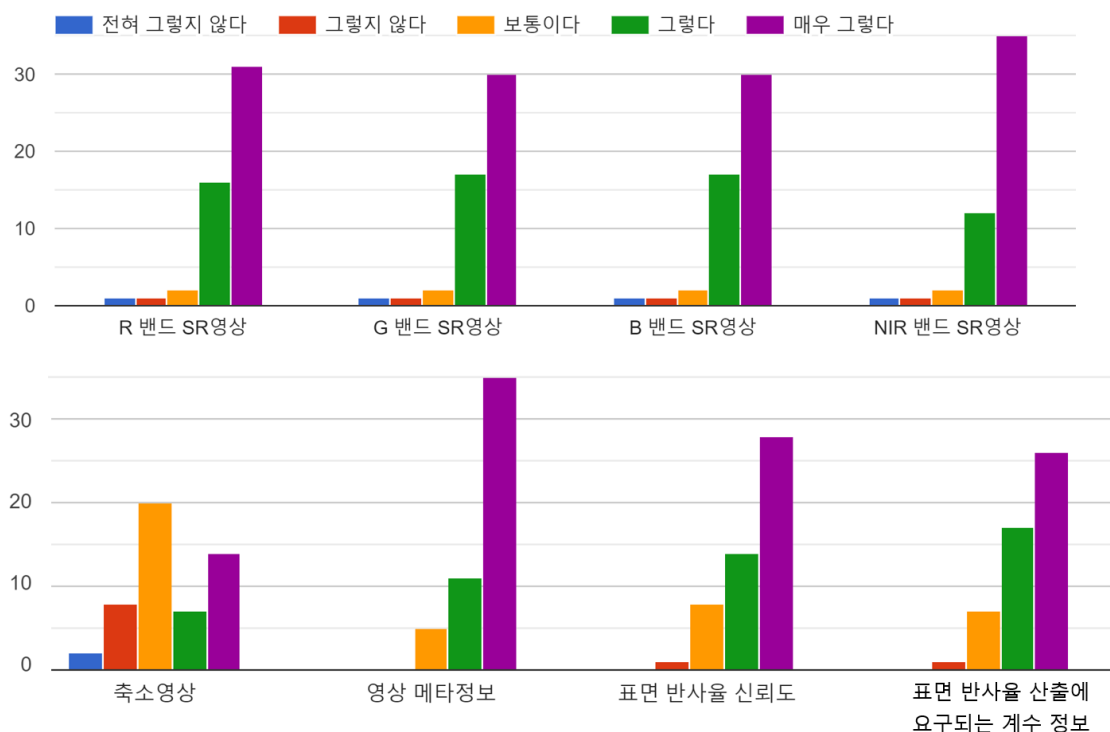
구분	애로 사항
데이터 구입 비용	새로운 알고리즘 개발을 위해 다수의 영상(계절별, 지역별등)이 필요한 경우가 많은데 사업비 내에서 구매가 불가능.
데이터 매뉴얼	데이터 읽는 파일 및 상세 매뉴얼 자료에 대한 정보 및 활용 방법에 대한 내용이 부재 데이터 포맷에 대한 설명 자료 부족 1. 영상 처리레벨 별로 상이한 정보(기하보정/방사보정 여부; 투영 좌표계 차이, Geo-reference 여부) 2. 데이터 형식(GeoTiff/NITF, 메타데이터, 픽셀 bit수)
데이터 배포 방식	국내 위성자료의 경우, 자료를 제공받는 절차가 간소화되거나, 편리했으면 좋겠습니다. 데이터 제공방식(국내영상은 DVD로만 제공됨.) 외국 데이터는 애로 사항 없음 / 국내 데이터의 경우 제공 방식 각 센서별 영상/meta 정보 포맷이 상이함에 따른 불편, 주문 기준의 영상 배포 정책, 점차 복수의 영상 공급자가 생성될 경우 사용자가 겪을 혼란도 증가 등이 문제가 될 것으로 생각합니다. 데이터 제공 방식, 데이터 제공 기관 및 사이트 불명확 API로 영상 다운로드 실패 시 다운로드 재시도 기능 데이터 제공 방식 및 자료의 품질 검증 자료 공개 외장HDD에 복사하여 데이터를 받았는데, 행정처리, 항우연 출장 등 전체 소요시간이 많았음 데이터 제공방식 (온라인 제공 방식 선호) 대용량 데이터의 온라인 전송 속도 연구비등으로 구매 시 DVD제공 등을 통하므로 불편함 존재. 온라인과 병행하여 실물DVD제공하면 좋겠음 데이터 제공방식이 (DVD) 굉장히 불편합니다. USGS의 EarthExplorer를 이용해서 Landsat 위성영상을 검색하는 과정에서, 필요한 영상을 찾고 적절한 영상을 선택하는데 기능적으로 많이 불편하고 시간이 많이 소요됨 데이터가 너무 크다. 필요한 지역만 잘라서 제공 필요. 데이터 받기가 너무 힘들 웹에서 바로 받을 수 있으면 좋겠다.
데이터 포맷	위성영상을 연구목적으로 사용하려면 Raw Data 도 필요함 ESRI shapefile도 제공되길 희망합니다 위성간의 좌표계가 맞지 않는 경우, 고해상도의 경우 Geotiff 가 가장 무난함.
데이터 품질	데이터의 기본적인 품질에 대한 신뢰도 포맷이나 제공방식은 어려움이 되지않았으나, 위성데이터의 품질(정확도, 기하보정)을 알아내는데 시간을 많이 소요하게됨 위성별 상호운용성이 결여된 영상자료 품질 및 규격 예전에는 항공영상보다 낮은 해상도, 위치정확도 등의 문제를 겪었습니다. 일단 고해상도 위성의 경우 원하는 날짜에 원하는 지역 촬영이 우선인데, 자국 위성의 경우는 획득 가능성이 너무 떨어져. 특히 도서지역이나 바다지역과 같이 GCP 획득이 어려운 지역에 대해서는 위치정확도가 너무 떨어져 사용하기 어려움. 시계열 자료 및 자료의 자동 수신을 위해 FTP 서버로 제공하면 좋겠음
메타 데이터	메타 데이터 부실 부족으로 인한 전처리 곤란 정확한 RPC 메타정보 제공 필요
배포 소요 시간	자료배포의 적시성 저하, 관심지역 촬영 요청시 응답시간 및 배포시간 소요 위성 자료제공의 신속성 부재 시기적절한 관측 자료의 부재
상호 운용성	타 공간정보와의 연계 이종센서 위성영상 간 통합 활용 어려움
전처리과정	데이터 제공과 보정 알고리즘 제공 위성별 메타파일 제공 방식의 차이, 기본 대기/방사보정 처리의 어려움 영상마다 기하/정사/방사/대기 보정을 적용하는게 힘들 자료처리소프트웨어 Tedious pre-processing (기하보정, 방사보정, 대기보정 등); 특히 고해상도 영상의 경우 기하보정 위성영상 전처리관련 문제로 인한 추가 작업 소요 원하는 데이터를 습득하기 위해 추가가공이 필요함 외산 상용SW 등을 통한 전처리과정이 필요하나, 기술적 난해도에 따른 진입장벽이 높음. 활용 영상별로 서로다른 좌표/투영 체계로 일치화 작업 시간 소요

데이터 배포 방식과 관련해서 DVD 형태의 제공 방식의 불편함에 대해 많은 의견이 있었으며 온라인 제공 방식을 선호하는 의견이 제시되었다. Landsat 위성영상의 경우 위성영상 검색 과정에서 적절한 영상 선택 기능의 사용이 불편하고 시간이 많이 소요된다는 의견이 있었다. 그 외 온라인 배포 시 전송 속도, 다운로드 실패 시 재시도 기능에 대한 애로 사항 의견이 있었다.

데이터 전처리과정에 대한 애로 사항은 주로 기하정사방사대기 보정 처리의 어려움과 추가 작업 소요에 대한 사항이 공통적으로 제시되었다. 데이터 품질과 관련된 애로 사항은 위치정확도 등 데이터의 기본적인 품질에 대한 부분과 위성별 상호운영성이 결여된 영상 자료 품질 및 규격 등에 대한 의견이 제시되었다. 데이터 매뉴얼과 관련된 애로 사항은 자료 포맷에 대한 설명 부족 등 자료에 대한 정보 및 활용 방법에 대한 내용 부재로 인한 애로 사항 의견이 제시되었다. 그 외 데이터 포맷의 종류, 메타 데이터(정확한 RPC 정보 제공), 타 공간정보 또는 이종센서 위성영상 간의 통합 활용을 위한 상호 운영성 등에 대한 애로 사항이 제시되었다.

다) 국토위성센터 ARD 정보 활용: 문항 8 ~ 문항 12

설문 문항 8	국토위성센터 ARD에서 표면 반사율(Surface Reflectance) 정보로 아래 각 항목이 제공된다면 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것이라고 생각하십니까?
---------	---

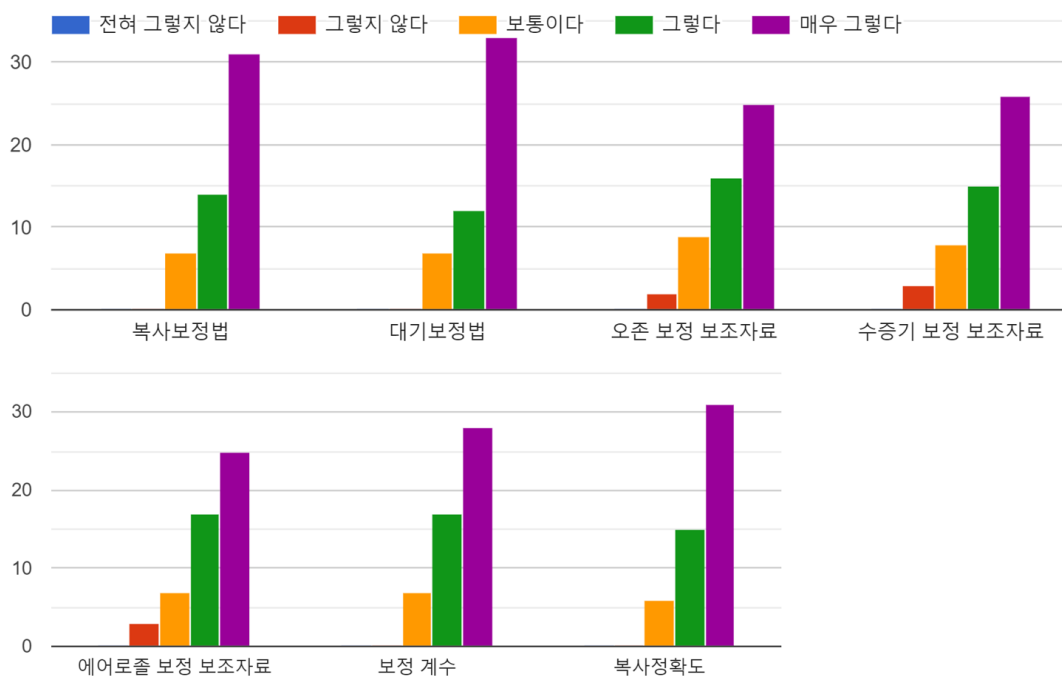


국토위성센터 ARD에서 표면 반사율(Surface Reflectance)관련 정보 제공이 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것인지에 대한 문항에서 R/G/B/NIR 밴드별 SR 영상 정보에 대해서는 모

두 동일하게 응답자의 92.2%가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다. 영상 메타 정보, 표면 반사율 신뢰도, 표면 반사율 산출에 요구되는 계수 정보에 대해서는 각각 응답자의 90.2%, 82.4%, 84.3%가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다. 축소 영상 정보에 대해서는 응답자의 41.2%가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다.

국토위성센터 ARD에서 복사/대기보정 정보 제공이 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것인지에 대한 문항에서 복사보정법, 대기보정법, 보정계수 정보에 대해서는 모두 동일하게 응답자의 86.5%가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다. 복사정확도에 대해서는 88.5%, 에어로졸 보정 보조자료에 대해서는 80.8%, 오존 보정 보조자료, 수증기 보정 보조자료에 대해서는 78.8%가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다.

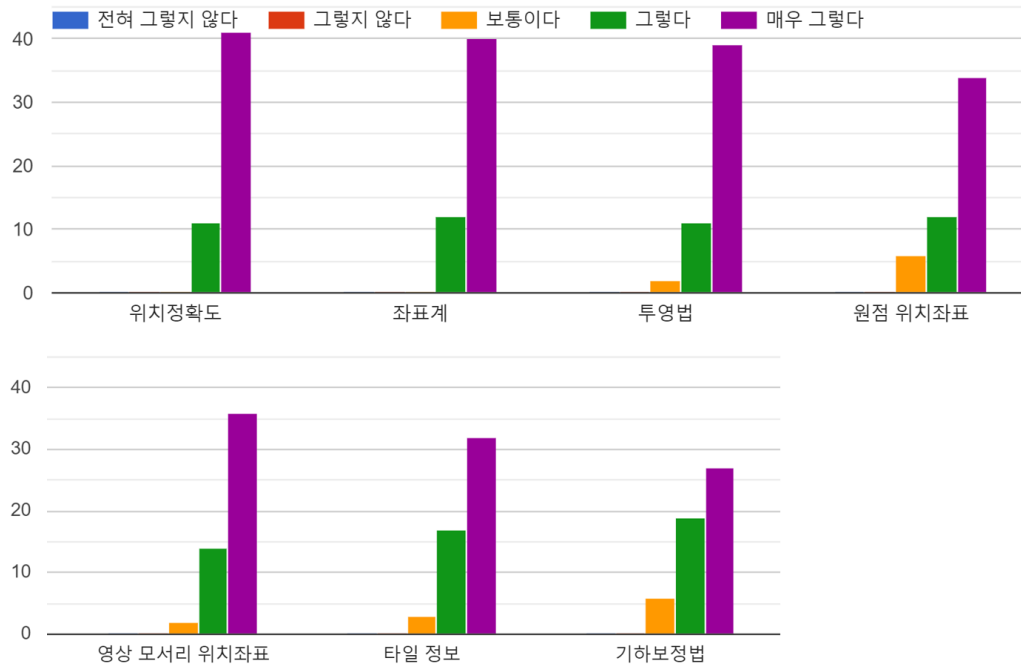
설문 문항 9 국토위성센터 ARD에서 복사/대기보정 정보로 아래 각 항목이 제공된다면 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것이라고 생각하십니까?



국토위성센터 ARD에서 기하보정 정보 제공이 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것인지에 대한 문항에서 위치정확도, 좌표계 정보에 대해서는 응답자의 100%가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다. 타일 정보에 대해서는 94.2%, 투영법, 영상 모서리 위치 좌표에 대해서는 96.2%, 원점 위치 좌표, 기하보정법에 대해서는 88.5%가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다.

설문 문항 10

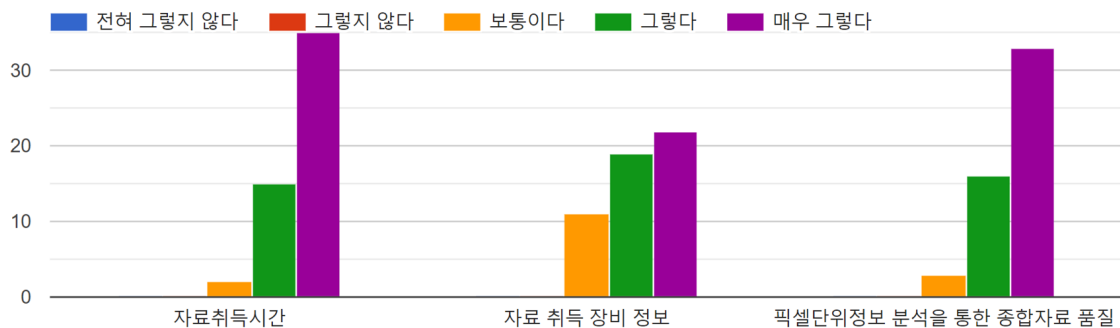
국토위성센터 ARD에서 기하보정 정보로 아래 각 항목이 제공된다면 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것이라고 생각하십니까?



국토위성센터 ARD에서 일반 메타 정보 제공이 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것인지에 대한 문항에서 자료 취득 시간에 대해서는 응답자의 96.2%, 픽셀단위정보 분석을 통한 종합자료 품질에 대해서는 94.2%, 자료 취득 장비 정보에 대해서는 78.8%가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다.

설문 문항 11

국토위성센터 ARD에서 일반 메타 정보로 아래 각 항목이 제공된다면 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것이라고 생각하십니까?

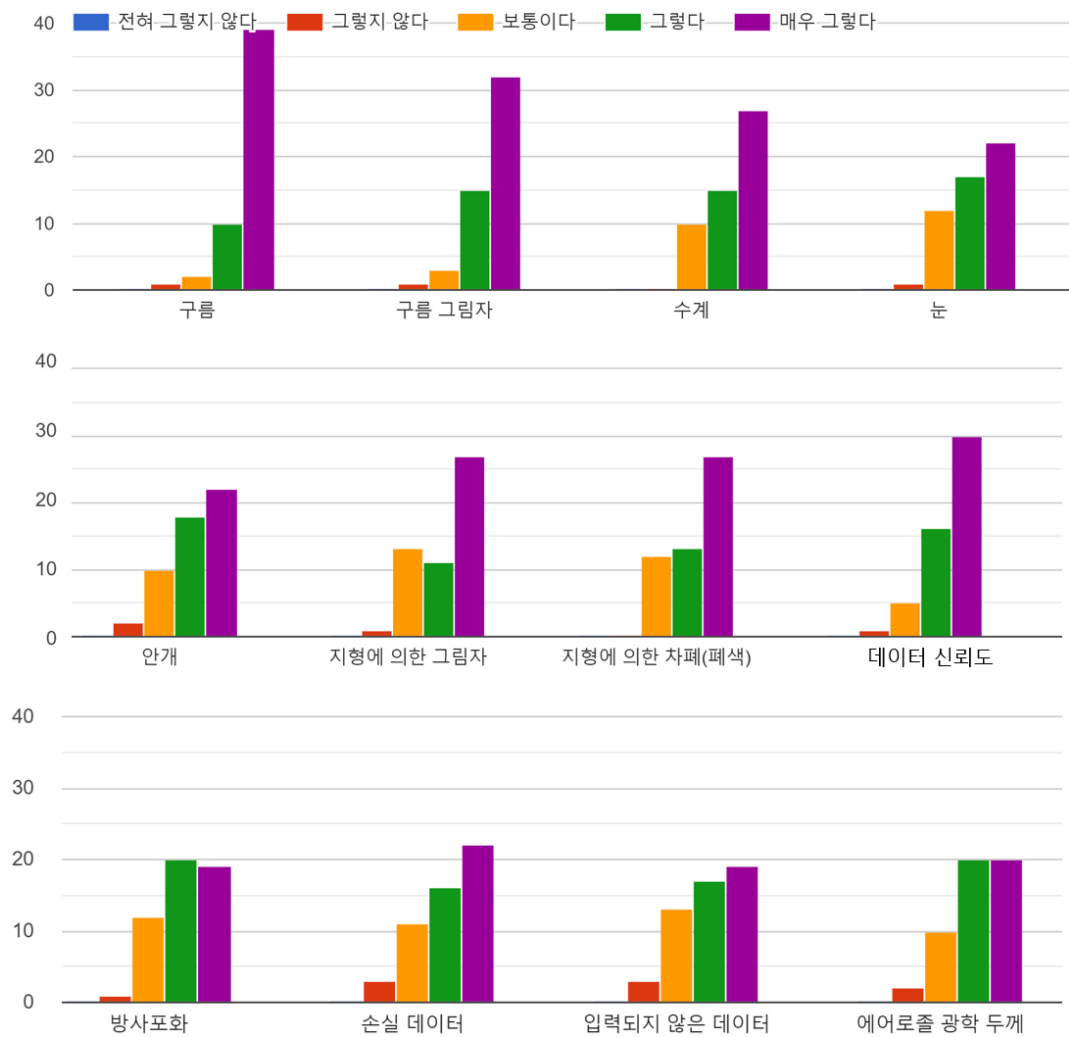


국토위성센터 ARD에서 픽셀단위정보 정보 제공이 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것인

지에 대한 문항에서 구름, 구름 그림자, 데이터 신뢰도 순으로 응답자의 90% 이상이 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다. 수계, 안개, 에어로졸 광학 두께에 대해서는 응답자의 약 80% 정도가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다. 손실 데이터 이하 항목에서 입력되지 않은 데이터 항목에 대해서는 응답자의 77.6%~73.5% 범위에서 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’라고 답하였다.

항목	‘그렇다’ ‘매우그렇다’ 응답 비율	항목	‘그렇다’ ‘매우그렇다’ 응답 비율
구름	96.1%	손실 데이터	77.6%
구름 그림자	94.0%	지형에 의한 차폐(폐색)	76.9%
데이터 신뢰도	90.2%	눈	76.5%
수계	80.8%	방사포화	76.5%
안개	80.0%	지형에 의한 그림자	74.5%
에어로졸 광학 두께	80.0%	입력되지 않은 데이터	73.5%

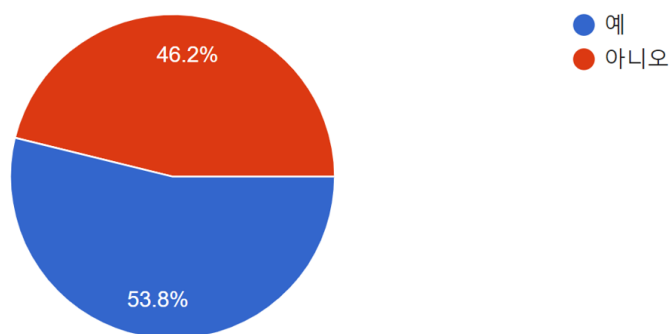
설문 문항 12	국토위성센터 ARD에서 아래 각 항목의 픽셀단위정보가 제공된다면 국토위성센터 ARD 활용에 도움이 될 것이라고 생각하십니까?
----------	---



라) 국외 ARD 활용 경험: 문항 13 ~ 문항 13-E

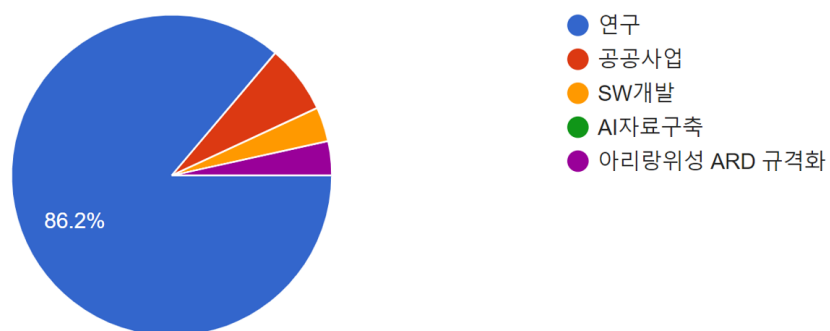
미국지질조사국(USGS)에서 무료로 제공하는 Landsat Collection 1/2에 대한 ARD 제품 등과 같은 국외 ARD 자료의 활용 경험 유무에 대한 문항에서 응답자의 53.8%가 활용 경험이 있다고 응답하였다.

설문 문항 13	미국지질조사국(USGS)에서 무료로 제공하는 Landsat Collection 1/2에 대한 ARD 제품 등과 같은 국외 ARD 자료의 활용 경험이 있습니까?
----------	--



국외 ARD 활용 목적에 대한 문항에서 응답자의 86.2%가 연구 목적이라고 응답하였으며, 공공 사업은 6.9%, SW 개발, 아리랑위성 ARD 규격화는 각각 3.4%가 응답하였다.

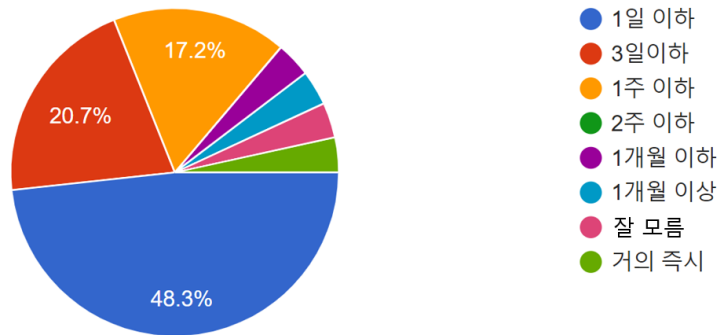
설문 문항 13-A	(13번 항목에 '예'라 답한 경우에 응답) 국외 ARD 활용 경험이 있다면 활용 목적은 무엇이었습니까?
------------	--



국외 ARD를 제공받는데 소요된 기간에 대한 문항에서 1일 이하 48.3%, 3일 이하 20.7%, 1주 이하 17.2%의 분포를 보였다. 따라서 전체 응답자의 86.2%가 1주 이하의 기간이 소요된 것으로

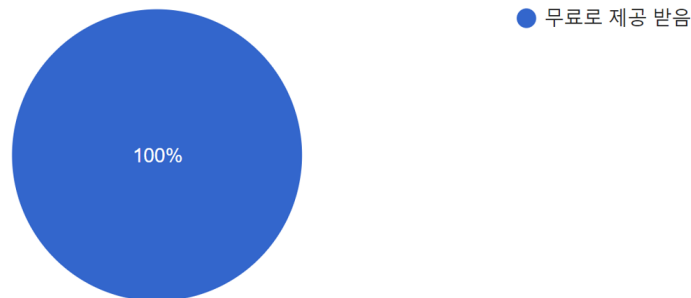
파악된다.

설문 문항 13-B	(13번 항목에 '예'라 답한 경우에 응답) 국외 ARD를 제공받는데 어느 정도의 기간이 소요되었습니까?
---------------	--



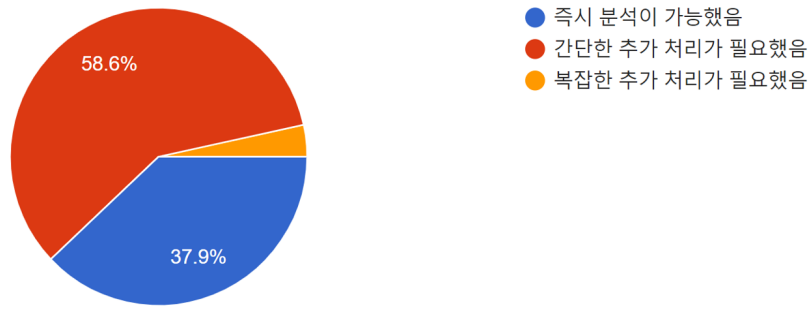
국외 ARD를 제공받는데 소요된 비용은 전체 응답자가 무료 제공으로 응답하였다.

설문 문항 13-C	(13번 항목에 '예'라 답한 경우에 응답) 국외 ARD를 제공받는데 어느 정도의 비용을 지불하셨습니까?
---------------	--



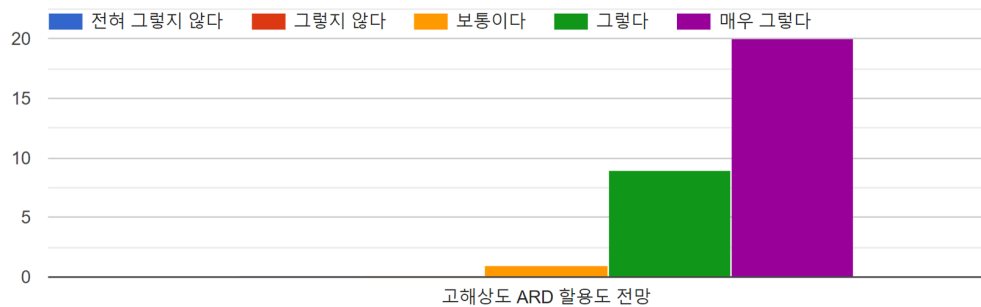
국외 ARD 활용시 실제로 즉시 분석이 가능했는가에 대한 문항에서 응답자의 58.6%가 간단한 추가 처리가 필요했다고 응답했으며, 37.9%는 즉시 분석이 가능했다고 응답했으며 3.4%는 복잡한 추가 처리가 필요했다고 응답하였다.

설문 문항 13-D	(13번 항목에 '예'라 답한 경우에 응답) 국외 ARD 활용시 실제로 즉시 분석이 가능했습니까?
---------------	--



기존의 중해상도 ARD 활용 경험자 입장에서 향후 고해상도의 ARD가 제공된다면 활용도가 높으리라 생각하는가에 대한 문항에서 응답자의 66.7%는 ‘매우 그렇다’, 30.0%는 ‘그렇다’, 3.3%는 ‘보통이다’로 응답하여 전체 응답자의 96.7%는 고해상도 ARD의 활용도가 높으리라고 응답하였다.

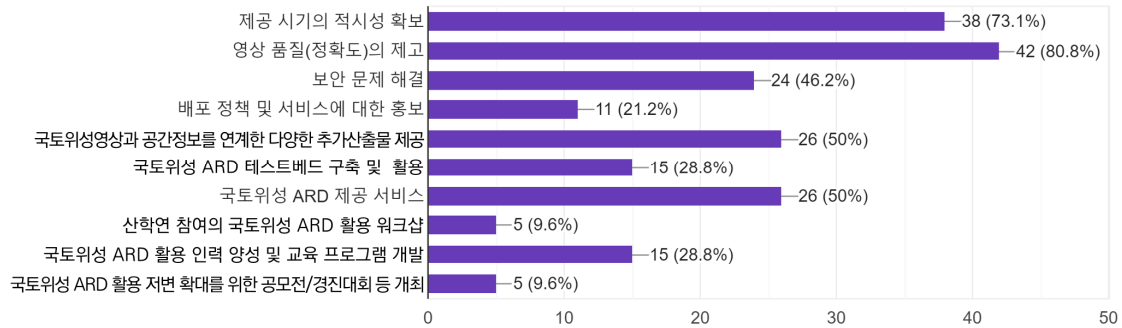
설문 문항 13-E	(13번 항목에 '예'라 답한 경우에 응답) 기존의 중해상도 ARD 활용 경험자 입장에서 향후 고해상도의 ARD가 제공된다면 활용도가 높으리라고 생각하십니까?
---------------	--



마) 국토위성센터 ARD 활용 활성화: 문항 14 ~ 문항 16

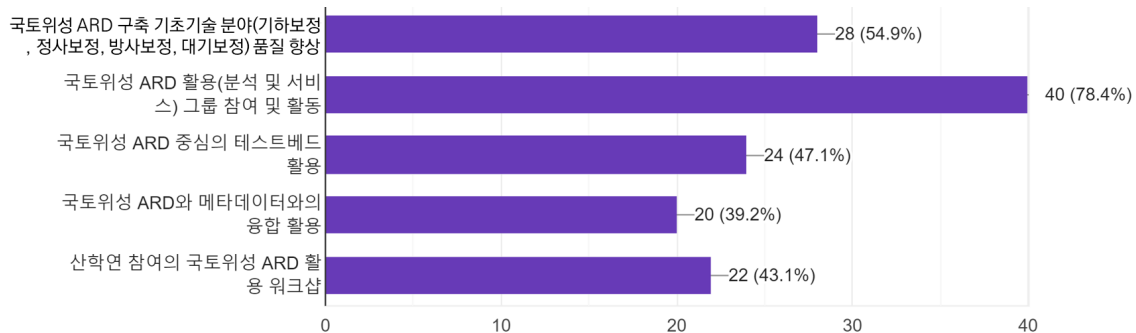
국토위성영상의 활용을 활성화하기 위해 우선적으로 추진해야 할 사항에 대한 문항에서 영상 품질(정확도)의 제고(80.8%), 제공 시기의 적시성 확보(73.1%), 국토위성영상과 공간정보를 연계한 다양한 추가산출물 제공(50.0%), 국토위성센터 ARD 제공 서비스(50.0%) 순으로 응답하였다. 그 외 국토위성센터 ARD 테스트베드 구축 및 활용, 국토위성센터 ARD 활용 인력 양성 및 교육 프로그램 개발은 28.8%, 배포 정책 및 서비스에 대한 홍보는 21.2%, 산학연 참여의 국토위성센터 ARD 활용 워크숍 정례화와 국토위성센터 ARD 활용 저변 확대를 위한 공모전/경진대회 등 개최는 9.6%의 응답을 보였다.

설문 문항 14 국토위성영상의 활용을 활성화하기 위해 우선적으로 추진해야 할 사항은 무엇이라고 생각하십니까? (복수 선택 가능, 최대 4개)



향후 국토위성센터 ARD 구축 및 활용과 관련하여 관심이 있거나 참여를 희망하는 항목에 대한 문항에서 국토위성센터 ARD 활용(분석 및 서비스) 그룹 참여 및 활동(78.4%), 국토위성센터 ARD 구축 기초기술 분야(기하보정, 정사보정, 방사보정, 대기보정) 품질 향상(54.9%), 국토위성센터 ARD 중심의 테스트베드 활용(47.1%), 산학연 참여의 국토위성센터 ARD 활용 워크샵(43.1%), 국토위성센터 ARD와 메타데이터와의 융합 활용(39.2%)의 응답을 보였다.

설문 문항 15 향후 국토위성센터 ARD 구축 및 활용과 관련한 아래 항목 가운데 관심이 있거나 참여를 희망하는 항목을 선택해주시기 바랍니다. (복수 선택 가능)



국토위성영상의 활용 확대 방안에 대해서는 국토위성영상 활용 촉진 프로그램에 대해 가장 많은 6명의 응답이 있었으며, 데이터 품질 5명, 서비스 플랫폼 4명, 유관 기관 협력, 활용 홍보 각 3명, 데이터 배포 정책, 영상 촬영 각 2명 응답 이외에 데이터 매뉴얼, 데이터 융합 활용, 상호 운용성, 서비스 인프라, 인력 양성, 활용 정보 공유에 대한 응답이 있었다.

국토위성영상 활용 촉진 프로그램 일환으로 국토위성영상에 대한 홍보 및 사용자 협의와 같은 사용자 그룹 회의 운영, 사용자 의견을 지속적으로 반영할 수 있는 수요조사 또는 정기적인 사용자 워크샵 개최 의견이 다수 제안되었다. 국토위성활용의 분야별 경진대회(보정, 분류, 기계학습, 딥러닝, 변화탐지, 정합, 융합 등), 학술대회 특별 세션, 공모전, 학술지(대한원격탐사학회) 특별호 운영 등에 대한 의견이 복수로 제안되었다. 그 외 현재 국토관련 이슈와 국토위성을 연계한 새로운 연구과제 및 사업 추진, 위성영상을 활용한 민간 산업의 발굴 및 지원을 통한 위성영상의 민간 수요 증가 등에 대한 의견이 제안되었다.

데이터 품질에 대해서는 기본적으로 신뢰성 있는 정보와 관련 메타 정보 제공이 제일 중요하다는 의견과 함께 단순히 외국 사례를 따라 하거나 기존 방법론을 단순 적용하지 말고, 고급 ARD 서비스를 위한 기초 기반 연구에 대한 지속적인 투자가 필요하고 지속적인 투자를 통해 ARD 서비스의 버전이 지속적으로 개선되어야 한다는 의견이 제안되었다. 정확한 품질의 영상이 유통되어야 하고 이를 위해 영상에 대한 품질 검증 선행이 필요하다는 의견, 자료의 공개와 함께 자료 품질 관리가 수행되면 위성영상 및 기타 사업에 큰 강점이 생기리라는 의견이 있었다.

서비스 플랫폼에 대해서는 위성영상과 관련하여 전문성이 낮은 이용자도 편리하게 이용하도록 자료에 대한 접근성을 높일 수 있는 시스템 또는 서비스 기능들의 제공이 필요하다는 의견, 빠른 시간 내에 자료 제공이 가능한 플랫폼이 필요하다는 의견, ARD는 시계열 자료 분석에 활용도가 높기 때문에, UX 및 UI를 잘 분석하여 사용자 친화적인 검색 기능을 개발하여 제공할 필요가 있다는 의견, 직관적이고 설득력있는 활용 사례를 제시하면 일반 사용자의 접근성을 높일 수 있으리라는 의견, 원자료에 대한 접근성도 개선해야 ARD 배포의 효율성이 높아지리라는 의견이 제시되었다.

유관 기관 협력에 대해서는 차중형1/2호 위성만의 차별적인 ARD 체계 정립 및 DB 구축 보다는 범 국가차원의 고해상도 위성의 종합적 ARD 체계 구축이 바람직하다는 의견, 과기정통부-국토부 간 협력을 통한 범 정부차원의 ARD 구축이 추진되는 것이 국익 차원에 도움이 되리라는 의견, 지표 특성 및 대기정보를 획득하기 위한 다양한 부처/기관의 지상관측 체계를 공동 활용하여 유사 관측장비/시스템의 중복투자를 완화하고 다양한 지역의 특성정보를 해당 전문기관과 협업하여 추진하는 것은 매우 필요하다는 의견이 제시되었다.

활용 홍보에 대해서는 위성영상 활용성에 대한 국민적 공감대 형성, 다수 사용자들의 ARD 필요성 인지, 위성영상의 다양한 분야 활용 촉진을 위한 적극적인 홍보가 필요하다는 의견이 제시되었다(표 2-49).

설문 문항 16	국토위성영상의 활용을 확대하기 위해서 필요한 방안이 있다면 자유롭게 제안하여 주시기 바랍니다.
----------	--

<표 2-49> 국토위성영상 활용 확대 방안에 대한 의견

구분	활용 확대 방안
유관 기관 협력	차중형1/2호 위성만의 차별적인 ARD 체계 정립 및 DB 구축 보다는 범 국가차원의 고해상도 위성의 종합적 ARD 체계 구축이 바람직함.
	과기정통부-국토부 간 협력을 통한 범 정부차원의 ARD 구축이 추진되는 것이 국익차원에 도움이 될 것으로 사료됨.
	지표 특성 및 대기정보를 획득하기 위한 다양한 부처/기관의 지상관측 체계를 공동 활용하여 유사 관측장비/시스템의 중복투자를 완화하고 다양한 지역의 특성정보를 해당 전문기관과 협업하여 추진하는 것은 매우 필요함
데이터 매뉴얼	자료에 대한 활용 및 사용 방법에 대한 정확한 정보 제공이 필요함
데이터 배포 정책	적시성있는 자료제공 및 무상에 가까운 자료배포 정책
	국외 고해상도 상용위성의 가격 및 배포 횟수가 너무 심합니다. 자국의 공공 위성의 배포 및 활용이 적극적으로 지원 되었으면 좋겠습니다. 특히 재해재난에 활용하기 위해서는 원하는 시기에, 위치에 영상이 획득되어 빠르게 제공될 수 있어야 합니다.
데이터 융합 활용	위성영상을 활용을 확대하기 위해서는 다양한 데이터와의 융합이 필요합니다. 예를들면 정확한 정확도를 가진 지적 도 정보와 위성영상과의 융합은 다양한 활용 솔루션을 만들어 내기에 충분하다고 생각합니다.
데이터 품질	외국의 영상정보 추세에 부합되게 국토위성 ARD 서비스가 반드시 성공적으로 제공되기를 바랍니다. 다만, 즉각 활용을 위해서는 기본적으로 신뢰성 있는 정보와 관련 메타 정보 제공이 제일 중요합니다. 단순히 외국 사례를 따라하거나 기존 방법론을 단순 적용하지 말고, 고급 ARD 서비스를 위한 기초 기반 연구에 대한 지속적인 투자가 필요해 보입니다. 지속적인 투자를 통해 ARD 서비스의 버전이 계속 업그레이드 되기를 바랍니다. 당장의 가시적인 성과 홍보를 위한 일시적인 활동이 아니기를 바랍니다.
	ARD 서비스 개발보다, 위성영상자료 품질을 향상시키는 기본에 충실한 노력이 필요함
	자료의 공개와 그에 따른 자료 품질관리가 수행되면 위성 영상 및 기타 사업에 큰 강점이 생길 것이라 의견 드립니다.
	결국 예측 가능한 품질의 영상을 예측 가능한 시간 내에 사용자가 획득할 수 있도록 하는 것이 가장 중요할 것 같습니다. 물론 "예측 가능한"은 더 좋으면 좋겠지만, 적어도 공개적으로 발표되었으면 합니다.
	국토위성영상의 활용을 위해서는 정확한 품질의 영상이 유통이 되어야합니다. 이에 영상에 대한 품질검증 등을 선행해야 할것으로 생각됩니다.
상호운용성	ARD의 기본 취지 상, 국토위성만이 아니라, 국가위성(아리랑, 초소형, 농림위성, 수자원위성 등)과의 연계를 통한 상호운용성 기반의 ARD 정책이 우선해야 함.
서비스 인프라	연구 개발에 필요한 자료(위성영상, 논문 등)에 대해서는 대학/기업을 구분하지 않고 많은 지원을 통해 신기술 및 제품이 생산 될 수 있도록 인프라 구축
서비스 플랫폼	원자료에 대한 접근성도 개선해야 ARD 배포의 효율성도 높아짐
	빠른 시간내에 자료 제공 가능한 플랫폼이 필요
	위성영상과 관련하여 전문성이 낮은 이용자로 편리하게 이용하도록, 자료에 대한 접근성을 높일 수 있는 시스템 또는 서비스 기능들이 제공이 필요할 것 같습니다.
영상 촬영	ARD는 시계열 자료 분석에 활용도가 높기 때문에, UX 및 UI를 잘 분석하여 사용자 친화적인 검색 기능을 개발하여 제공할 필요가 있음. 또한 직관적이고 설득력있는 활용사례를 제시하면 일반 사용자의 접근성을 높일 수 있을 것으로 기대됨
	신규촬영 및 최신 영상에 대한 수요가 많을 것이고, 이를 충족시키기 위해 계획촬영 및 신규촬영 능력을 최대화해야 합니다.
인력 양성	무상 제공 / 동일한 관측 모드로 지속적인 관측
활용 정보 공유	전문 인력 양성을 위한 교육 시스템 확립
활용 촉진 프로그램	접근불능지역의 속성정보 갱신을 위한 위성정보 활용 테스트를 건축물 분류 유형별로 실시하고 가이드 및 정확도 평가결과를 공유하여 객관적으로 활용할수 있게 요청드리고자 합니다.
	국토위성활용의 분야별 경진대회(보정, 분류, 기계학습, 딥러닝, 변화탐지, 청합, 융합 등)와 학술대회 특별세션을 반년에서 1년전에 미리 공지 한뒤 학술발표 및 연구논문으로의 발전가능성을 높이기
	마지막으로 현재 국토관련이슈와 국토위성을 연계한 새로운 연구과제 및 사업
	국토위성영상에 대한 홍보 및 사용자 협의와 같은 사용자 그룹 회의가 주기적으로 있으면 좋을 듯합니다.
	위성영상을 활용한 민간 산업을 발굴 및 지원하여 위성영상의 민간 수요를 증가시켜야 함
	ARD 사용자 그룹 결성 및 활용 활성화를 위한 다양한 RD활동 지원 필요
	14번 항목의 공모전/경진대회가 활용 확대에 역할을 할거라 생각되지만 다른 4가지에 우선순위가 있다고 생각하여 14번에서는 선택하지 않았습니다. 그렇지만 공모전/경진대회 혹은 KOMPSAT과 같이 대한원격탐사학회 특별호를 운영해보는 것도 좋은 방안이라 생각합니다.
활용 홍보	사용자의 의견을 지속적으로 반영할 수 있는 체계 마련(지속적인 수요조사 또는 정기적인 사용자 워크샵 등)
	적극적인 홍보를 통해 위성영상 활용성에 대한 국민적 공감대 형성 필요
	다수의 사용자들이 ARD 필요성을 인지할 수 있도록 적극적인 홍보가 필요할 것으로 사료됨
	위성영상을 다양한 분야에 활용할 수 있도록 많은 홍보
	위성영상을 활용함으로써 대한민국의 다양한 산업 육성에 긍정적인 결과를 얻도록 여러방면에서 사업의 다양화 필요

데이터 배포 정책과 관련하여 적시성이 있는 자료 제공 및 무상에 가까운 자료 배포 정책에 대한 의견, 국외 고해상도 상용 위성의 가격 및 배포 정책과 차별화된 자국 공공 위성의 배포 및 활용에 대한 적극적인 지원에 대한 의견, 재해재난 활용을 위해 원하는 시기 및 위치에 영상이 획득되어 빠르게 제공될 수 있는 여건에 대한 의견이 제시되었다.

3) ARD 활용 활성화 방안

가) 위성영상 정보 활용과정에서 겪는 애로 사항 해소

위성영상 정보 활용과정에서 사용자가 겪는 주요 애로 사항인 데이터 배포 방식에 대해 사용자 편의성을 고려한 데이터 배포 방식의 개발이 필요하다. 기존의 DVD 형태의 제공 방식의 불편함을 탈피하여 온라인 기반의 배포 방식에 대한 적극적인 검토가 필요하다. 온라인 배포 방식의 경우 배포 시 전송 속도에 대한 고려, 다운로드 실패 시 재시도 기능에 대한 사용자 입장 고려 등 사용자 편의성을 적극적으로 고려한 데이터 배포 방식의 도입이 필요하다. 위성영상 정보의 검색 방식에서도 사용자 편의성을 고려한 검색 기능 및 인터페이스의 도입이 필요하다.

데이터 전처리과정의 주요 애로 사항인 기하·정사·방사·대기 보정에 대한 기능이 제공된다면 사용자의 데이터 추가 처리에 필요한 노력과 시간 비용을 크게 경감시킬 수 있으리라 예상된다. 데이터 품질과 관련된 애로 사항과 관련하여 위치정확도 등 데이터의 기본적인 품질 확보가 필요하다. 데이터 매뉴얼과 관련하여 자료 포맷에 대한 설명 등 자료에 대한 정보 및 활용 방법에 대한 적절한 정보 제공이 필요하며, 그 외 사용자가 필요로 하는 데이터 포맷의 종류, 메타 데이터(정확한 RPC 정보 제공), 타 공간정보 또는 이종센서 위성영상 간의 통합 활용을 위한 상호 운영성 향상 등에 대한 검토와 반영이 필요하다.

나) 국토위성센터 ARD 활용 활성화 방안

국토위성영상의 활용을 활성화하기 위하여 우선적으로 추진해야 할 사항으로 영상 품질(정확도)의 제고와 제공 시기의 적시성 확보가 설문조사 응답 결과 무엇보다 중요한 사항으로 파악되었다. 또한 국토위성영상과 공간정보를 연계한 다양한 추가산출물 제공, 국토위성센터 ARD 테스트 베드 구축이 국토위성센터 ARD 활용 활성화에 기여할 것으로 예상된다. 국토위성센터 ARD 활용 인력 양성 및 교육 프로그램 개발, 배포 정책 및 서비스에 대한 홍보, 산학연 참여의 국토위성센터 ARD 활용 워크숍 정례화, 국토위성센터 ARD 활용 저변 확대를 위한 공모전/경진대회 등의 개최도 국토 위성 ARD 활용 활성화를 위해 필요한 것으로 파악되었다.

향후 국토위성센터 ARD 구축 및 활용 활성화를 위해서는 ARD 분석 및 활용 분야의 다양한 산

학연 관계자들 간의 소통 및 협력 네트워크 구축이 필요하다. ARD 구축 및 활용 활성화 설문조사 응답자의 78.4%가 국토위성센터 ARD 활용(분석 및 서비스) 그룹 참여 및 활동에 관심과 참여 희망을 보였으며 기하보정, 정사보정, 방사보정, 대기보정의 국토위성센터 ARD 구축 기초기술 분야의 품질 향상과 국토위성센터 ARD 중심의 테스트베드 활용에도 각각 54.9%, 47.1%의 응답자가 관심 또는 참여를 희망한다고 응답하였다. 국토위성센터 ARD 활용에 대한 이러한 관심과 참여 희망에 대한 기대가 향후 ARD 활용 활성화로 이어지기 위해서는 다음과 같은 후속 조치가 필요하다고 판단된다.

(1) 국토위성센터 ARD 활용 사용자그룹 구성 및 운영

국토위성영상 활용 활성화 일환으로 국토위성센터 ARD 활용 사용자그룹을 구성하여 ARD 분석 및 활용 분야의 다양한 산학연 관계자들이 소통하고 협력하는 장의 구축이 필요하다. 국토위성센터 ARD 활용 사용자그룹의 활동은 국토위성센터 ARD에 대한 사용자 의견 피드백, 국토위성센터 ARD 구축 및 고도화와 관련한 기초기술의 개발, ARD 품질 향상의 다양한 활동으로 이어질 수 있으며 이를 통해 국토 위성 ARD의 활용 촉진과 함께 국내 위성영상 활용 기반의 확대에 크게 기여하리라 예상된다.

(2) 국토위성센터 ARD 활용 워크숍 개최를 통한 ARD 활용 성과 공유

ARD 활용 활성화 설문조사 결과에서 확인된 바와 같이 다양한 산학연 관계자들이 참여하는 국토위성센터 ARD 활용 정기 워크숍의 개최를 통하여 ARD 활용의 성과를 공유하고 이를 다양한 활용 분야와 연계할 수 있는 창구를 마련할 필요가 있다. 국토위성센터 ARD 활용 정기 워크숍은 국내의 산학연 관계자들만이 아니라 향후 국토위성센터 ARD 구축과 활용에 협력 의사를 가지고 있는 대만 및 일본 등의 해외 전문가들까지 참여하여 국토위성센터 ARD가 국내뿐 아니라 해외에서도 활용이 확대되는 계기로도 기여하리라 예상된다. 이를 위해 국토위성센터 ARD 중심의 테스트베드 구축 및 활용, 국토위성센터 ARD와 메타데이터와의 융합 활동의 지원이 필요하다.

(3) 국토위성센터 ARD 활용 확대를 위한 경진대회/공모전/학술활동 등을 통한 대외 홍보

ARD 활용 분야별 전문가, 일반인, 학생이 참여하는 경진대회(보정, 분류, 기계학습, 딥러닝, 변화탐지, 정합, 융합 등)와 공모전 개최를 통하여 ARD 활용 저변을 확대하고 국토 위성 ARD를 다양한 사회 문제 해결에 활용하는 기회를 마련할 필요가 있다. 이를 통해 인공지능 등 최근의 첨단 IT 기술과의 융합 활용, 새로운 ARD 활용 서비스 발굴 등에 기여하리라 예상된다. ARD 활용과 관련한 학술대회 특별 세션 운영, ARD 활용 연구 활동을 발표하는 학술지 특별호 정기 운영, 국토위성센터 ARD 활용 인력 양성 및 교육 프로그램 개발 등은 ARD 활용을 학술 활동과 연계하여 ARD 활용의 학술적, 기술적 진보의 촉진에 기여하고 ARD 서비스의 고도화에도 기여하리라 예상된다.

제3장

ARD 기초기술 개발 기획

-
1. ARD 기초기술 국내외 현황 및 발전전망 분석
 2. ARD 기초기술 개발 우선순위 도출
 3. ARD 기초기술 개발 로드맵
 4. ARD 기초기술 개발 사업 제안요구서

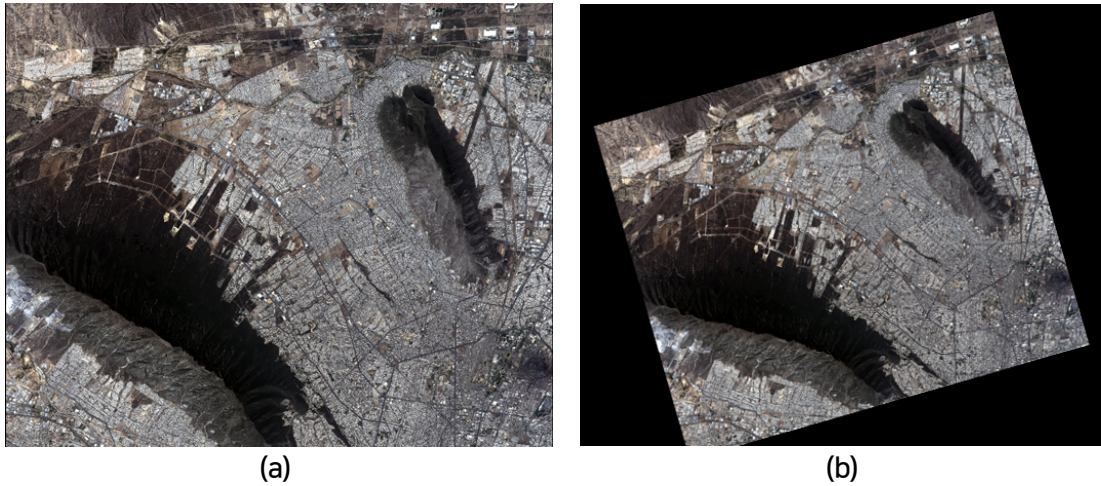
1. ARD 기초기술 국내외 현황 및 발전전망 분석

ARD의 주요 산출물인 표면반사율영상은 다중시기에 대한 시계열적 분석이 가능한 자료이므로, 표준화된 위치정보와 신호정보를 제공해야 한다. 따라서 ARD 생성 과정은 표준화된 위치정보를 확보하기 위한 기하보정 및 정사보정 처리 기술과 표준화된 신호정보를 산출하기 위한 대기보정 처리 기술, 그리고 표면반사율영상의 픽셀 별 속성을 탐지하기 위한 픽셀단위정보 생성 기술을 필요로 한다. 본 절에서는 ARD 기초기술을 기하보정, 정사보정, 대기보정(복사보정 및 BRDF 보정 포함), 픽셀단위정보 생성 기술로 식별하고, 국내외 기술 개발 현황을 조사 분석한다.

가. 기하보정 기술 현황 분석

1) 기하보정 기술의 정의

인공위성영상은 지상으로부터 수백km 떨어진 곳에서 초소형 격자 간격을 가지는 선형 센서를 이용하여 촬영되므로 위성궤도력, 자세제어, 지구회전, 지표면에 의한 기복 변위 등 다양한 종류의 기하학적 왜곡이 발생한다. 이러한 위성영상을 정밀 국토관측 및 국토모니터링에 활용하려면 영상 내에 존재하는 기하학적 왜곡을 제거하고 영상의 각 픽셀에 해당하는 지상좌표를 정확하게 산출하기 위한 지상처리과정이 반드시 필요하다. 이러한 지상처리과정은 원시영상으로부터 인공위성에 탑재된 센서정보 및 정밀궤도/자세력을 활용하여 영상의 왜곡을 보정하는 기본영상을 생성하는 초기 기하보정 과정과, 기본영상에 남아있는 왜곡 및 위치 오차를 지상기준점(Ground Control Point, GCP) 등의 부가자료를 활용하여 더 정밀하게 보정하는 정밀 기하보정 과정으로 구분할 수 있다. 일반적인 위성영상 기하보정의 처리 과정은 영상복원(Image Restoration), 밴드 간 등록(Band-to-Band Registration), 초기 기하보정, 정밀 기하보정의 순서로 진행된다. 그림 3-1은 아리랑3호(KOMPSAT-3) 영상의 기하보정 전후, 원영상(좌) 과 기하보정이 된 영상(좌표등록이 된 영상)(우) 사례를 보여주고 있다.



<그림 3-1> (a) 원본 영상, (b) 기하보정 적용 후 영상재배열 된 영상(국토교통부, 2020)

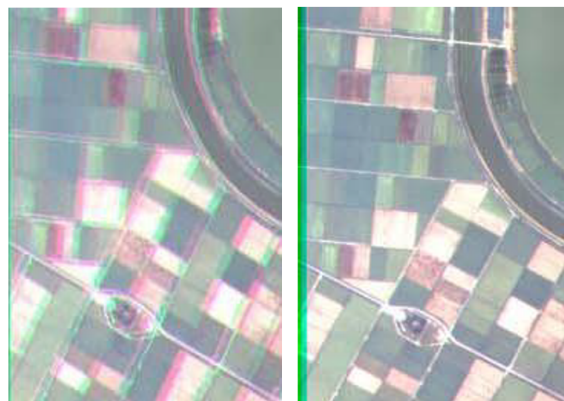
2) 기하보정 기술의 구성

가) 영상복원

하나의 센서 또는 여러 센서에 의해 촬영된 영상 조각(세그먼트)들을 조합하여 영상을 형성하고, 광학적으로 동일 영상 위치에 있어야 영상 부분들을 해당 위치에 재배치하는 과정이다.

나) 밴드 간 등록

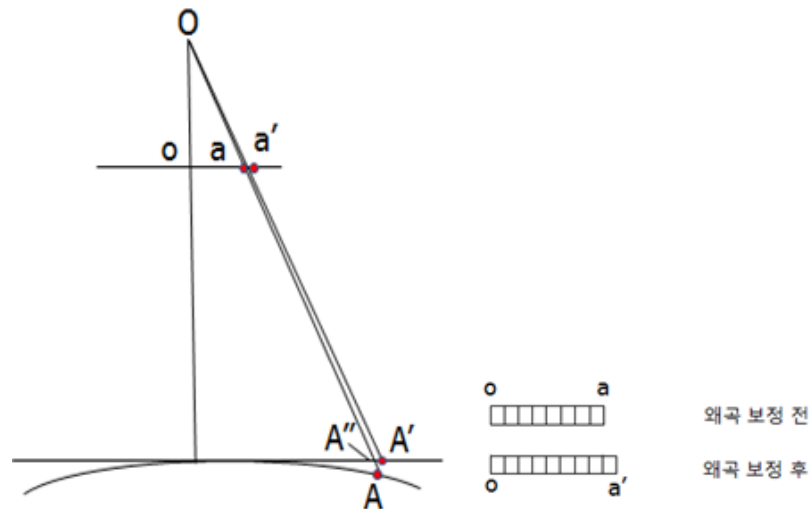
다중밴드 영상인 경우 밴드 간 위치 오차(offset)를 수정하여 밴드별 영상소의 위치를 일치시키는 작업이다. 그림 3-2은 아리랑 2호 영상을 이용하여 밴드 간 위치 오차를 수정한 결과이다.



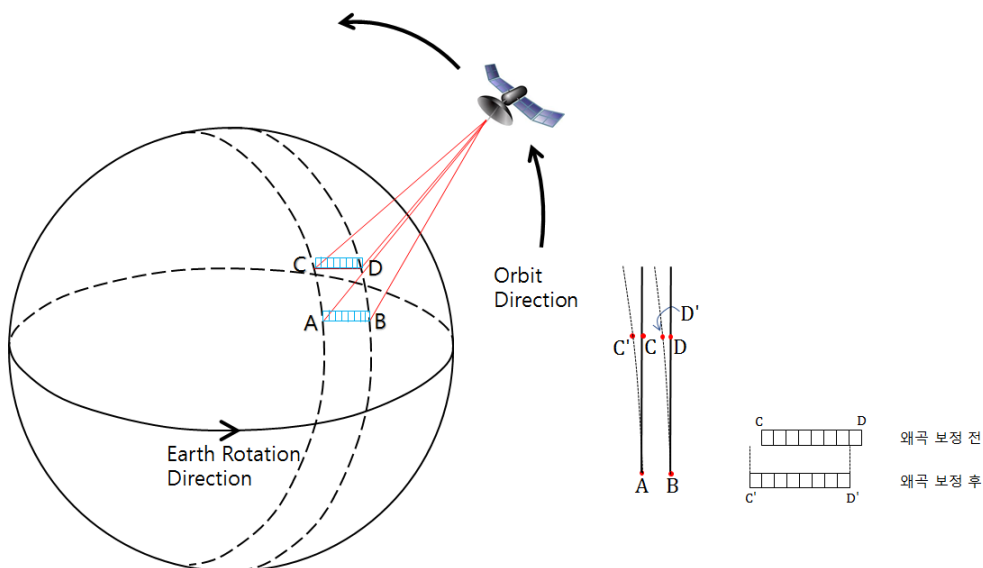
<그림 3-2> 밴드 간 위치 오차(offset) 수정 전후(국토교통부, 2020)

다) 초기 기하보정

위성체에서 제공하는 계획된 위성궤도, 위치와 자세를 이용하고, 지구곡률 및 지구자전 효과를 고려하여 영상을 지상좌표계에 맞도록 재배치하는 과정이다. 위성영상 관련 메타데이터를 사용하는 보정 과정으로서 정오차 왜곡에 대한 기하보정 과정(systematic error correction)이라고도 한다. 그림 3-3은 지구곡률에 의한 왜곡을 설명하고 있으며, 그림 3-4는 지구 자전에 따른 왜곡을 나타내고 있다.



<그림 3-3> 지구 곡률에 따른 왜곡(국토교통부, 2020)

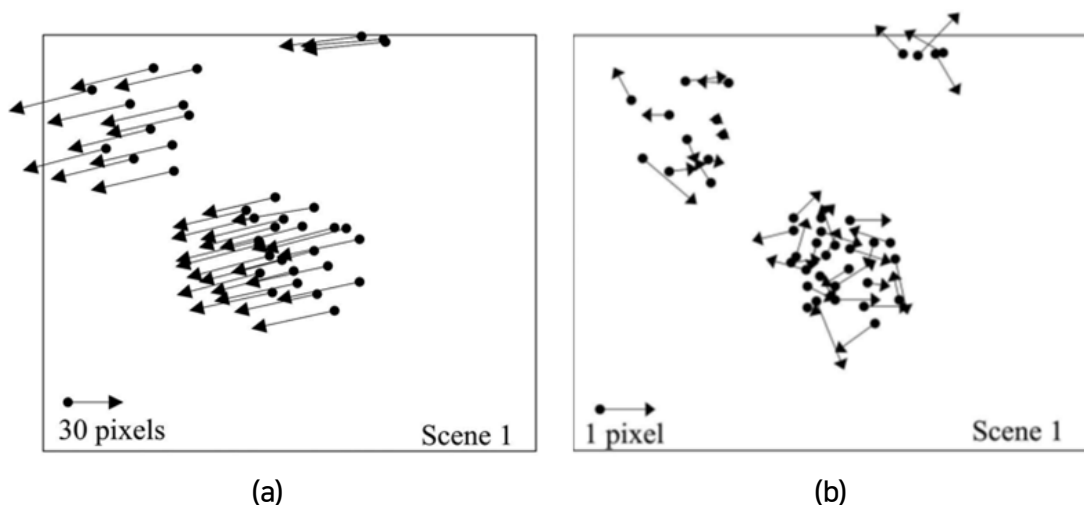


<그림 3-4> 지구 자전효과에 따른 왜곡(국토교통부, 2020)

라) 정밀 기하보정

‘센서모델링’이란 영상 촬영 순간의 센서와 지표면의 기하학적 관계를 정립하는 과정이다. ‘정밀’ 센서모델링은 위성영상 관련 메타데이터에 존재하는 오차를 최소화하는 과정, 즉 초기 기하보정에 사용된 위성의 위치와 자세 등 파라미터의 정확도를 찾기 위한 영상과 GCP 간 좌표 변환 관계식을 정립하는 과정으로서, 정밀 기하보정과 같은 의미를 갖는다. GCP를 사용하여 정밀 센서모델을 수립한 결과로 얻어진 좌표 변환 관계식을 이용하여 원본 영상의 메타데이터를 조정함으로써 정밀 기하보정된 영상이 생성된다.

정밀 센서모델링을 통해 좌표 변환 관계식이 수립되면, 영상으로부터 3차원 지상 좌표를 계산하거나, 3차원 지상 좌표로부터 대응되는 영상좌표를 계산할 수 있다. 따라서 정밀 기하보정된 영상의 메타데이터를 이용하여 3차원 지상좌표의 영상 대응점을 계산하면, 초기 기하보정된 영상을 이용했을 때 보다 정확도가 향상되는 것을 확인할 수 있다. 그림 3-5은 아리랑 3호 영상의 초기 기하보정 위치 오차와 정밀 기하보정 후의 위치 오차를 비교하여 보여준다.



<그림 3-5> 아리랑 3호 영상 초기 위치오차(a), 정밀센서모델링 후 위치 오차(b) (Jeong 등, 2016)

현재 국토위성영상에 적용된 처리 단계별 명칭 및 주요 특징은 표 3-1과 같다(김태정, 2020). 여기서, 기본영상이 영상복원, 밴드 간 등록, 초기 기하보정이 적용된 영상이며, 정밀영상이 정밀 센서모델에 의한 정밀기하보정이 된 영상이라고 할 수 있다.

<표 3-1> 국토위성영상의 처리단계별 명칭 및 주요 특징

처리단계	명칭	세부 레벨 및 주요 특징
Level 0	원시영상	인공위성에서 촬영되어 지상에 수신된 영상데이터
Level 1	기본영상	인공위성에 탑재된 센서정보 및 정밀궤도/자세력을 활용하여 영상에 위치정보를 부여하고 위성체 및 카메라에 의한 영상의 왜곡이 보정된 영상데이터
Level 2	정밀영상	기본영상에 남아있는 위치정보 에러를 보정하여 영상의 각 픽셀에 대한 정확한 지상 좌표를 제공하는 정밀보정영상(Level 2R)
		정밀보정영상으로부터 지표면 기복변위를 제거하고 기준좌표계에 맞게 영상을 재배 치한 정밀정사영상(Level 2G)
		정밀정사영상을 1: 5000 수치지도의 도엽체계에 맞추어서 분할한 정밀도엽영상 (Level 2I)

3) 국내 기하보정 기술 현황

우리나라에서의 고해상도 위성영상의 기하보정에 대한 연구는 최초의 상업용 고해상도 위성영상인 IKONOS-2 영상 출현으로부터 시작되었다고 할 수 있다. 우리나라 다목적실용위성인 아리랑1호(KOMPSAT-1) 운용이 1999년 시작된 이후, 고해상도 광학영상은 2006년 아리랑 2호때부터 공급되기 시작하였다. 2012년 아리랑 3호, 2015년 아리랑 3A호의 운용으로 고해상도 영상처리에 대한 연구가 더욱 진전되었다.

아리랑 위성은 한국항공우주연구원(KARI)에서 관리하고 있는데, KARI에서 자체 개발한 시스템(위성운영제어 시스템, 촬영계획(센서제어) 시스템, 영상생산관리 시스템)의 하나로써 영상 처리를 하고 있다. 현재는 Level 1R 영상과 Level 1G 영상만 공급하고 있다. 1R 영상은 수신된 영상을 영상복원하고, 복사(대기)보정 단계, 공간 강조(Spatial Enhancement) 단계, 초기 기하보정(밴드 별 영상등록과, 밴드 offset 보정) 단계를 거쳐서 완성한다. 1G 영상은 1R 영상에 SRTM을 이용한 정사보정(Ortho Rectification) 단계를 거쳐 생산한다. 즉, 1R 영상은 복사보정과 초기기하보정이 수행된 영상이고, 1G 영상은 전역적 DEM을 사용한 정사보정이 수행된 영상이다(KARI에서는 여기까지의 보정을 ‘표준기하보정’이라고 하고, ‘표준영상 생성 시스템’을 통하여 표준영상을 생성한다). KARI에서 수행되는 기하보정은, 물리적센서모델을 사용한 전역적 보정이다. GCP를 사용하지 않고 궤도정보와 카메라 정보 만으로 모델을 완성하며, 결과로서 3차 다항식의 RFM의 RPC를 생산하게 된다. KARI는 영상사용자에게 기하보정된 영상(GeoTIFF 형태)과 함께 보조 자료로서 RPC, 궤도정보, 위치정보를 xml 파일형태로 공급하며, 기타 자료로 browser와 thumb-nail 영상을 제공하고 있다.

한편, 민간 분야 국내 위성영상 처리기술 및 SW 발전은 ‘PG-Steamer’의 발전으로 대표될 수 있다. 국내 최초의 위성영상처리 SW는 2001년 (주)인터시스(2003년 (주)픽소니어로 회사명 변경)

에서 발표한 'Earth'이다. 이후 SW 이름을 'PG-Steamer'로 바꾸고 개선을 거듭하여, 2016년에 PG-Steamer5.0이 출시되기에 이르렀다. 그러나 국내 시장규모가 개발비와 개선비용을 충당할 수 있는 정도가 되지 못하기 때문에, 외국산 SW인 PCI 또는 Erdas 등과 같이 지속적인 기능 향상, 새로운 알고리즘 도입 등이 이루어지지 못하고 있다는 한계는 있다.

(주)픽소니어의 연구진의 연구보고서(국토교통부, 2016)에서는, 고해상도 위성영상과 함께 제공되는 RPC모델(KARI 제공 RPC모델)을 보완하기 위한 다양한 연구(오관영 등, 2011), 다중 센서 자료를 사용할 경우 영상 간 매칭을 통한 영상 간 기하보정 연구(한유경 등, 2011)가 진행되고 있다고 하였다. 전문가 조사를 통한 기술 현황 조사에서, 국내 인프라는, 연구인력은 전문가로서 활용이 가능한 수준, 기하학적 보정에 대한 기술은 상용화 가능 수준으로 진단하였다. 현재까지 지속적인 연구가 진행되고 있어서 전문가 2인이 24개월 정도의 기간 투입으로 기하학적 보정에 대한 기술 완성이 가능하다고 하였다. 수학적 알고리즘 등의 발전보다는, 많은 GCP를 투입하는 기법, GCP와 영상을 자동 매칭하여 좌표변환방정식을 자동 개발하는 기법 등을 위하여 'GCP 칩(chip) DB의 구축' 등을 제안했다.

인하대학교 연구진의 연구보고서(국토교통부, 2020)에서는, 국토관측위성 지상국 운영 시스템 개발에 있어서, 표준영상 내에 존재하는 기하학적 오류가 제거된 정밀정사영상의 제공을 필수 요소로 도출하고, 이를 위한 핵심 기술로 정밀기하보정 기술을 개발했다. 개발된 지상국 운영시스템은 한반도 전역의 GCP chip DB와 DEM DB를 시스템 내에 구축하여 자동화된 방식으로 정밀기하보정을 수행하여 정밀정사영상을 생성한다. 해당 연구개발 사업을 통해 국내 최초로 정밀기하보정이 완료된 고해상도 위성영상을 자동으로 생성 및 제공하는 시스템이 구축됐다.

(서두천 등, 2005)에서는 RPC를 계산하기 위해 최소제곱법을 적용하는데, GCP 착오나 분포 상황에 따라 수치적 불안정성(ill-posedness)이 생기며, 수치적 안정성과 수렴 속도 향상을 위해 Tikhonov 정규화 함수를 도입하고 정규화 계수 h 추정법을 상술하였으며 계수 대입에 따른 RMSE를 계산하고 비교하였다. 또한, GCP 표고자료를 산출하기 위해서, 단영상법(Terrain Independent I), 입체영상법(Terrain Independent II), 지도 또는 DEM을 사용하는 방법(Terrain dependent)으로 나누고 각 방법으로, 9종류의 RFM을 적용하고 검사점의 RMSE를 구하였다.

단영상법의 경우(KOMPSAT 1 EOC, 대전 지역) 2차다항식 RFM이 0.02 영상소의 RMSE를, 입체영상법의 경우(SPOT) 2차다항식 RFM이 0.4 영상소의 RMSE를, 수치지도 사용법의 경우(KOMPSAT 1 EOC, 경남 김해 지역) RFM의 1차, 2차다항식이 0.5 영상소의 RMSE를 얻었다. 따라서, RFM 2차다항식을 채용한 기하보정의 정확도가 물리적 모델을 대체할 수 있다는 결론에 이르렀다.

(이현직 등, 2009)에서는 KOMPSAT-2 영상을 이용한 DEM과 정사영상 제작 실험을 위해서,

수치항공사진, IKONOS영상을 사용하여 가시성 분석, 확대시의 경계 판독성 분석, 객체 추출에서의 판독성 분석 등을 수행하였다. 기하보정을 위해서는 제공된 RPC만 사용한 경우와 GCP를 사용한 경우, GCP 수에 따른 검사점의 정확도를 평가하였다. DEM과 정사영상 위치 정확도 판단을 위해서 1:5,000 수치지도를 사용하였다. GCP는 영상면 전체에 걸쳐 고르게 분포된 8~10점의 경우가 가장 효과적인 것으로 나타났으며, DEM 제작 정확도는 평지 2m, 구릉지 7m, 산지 12m의 오차를 보였다. 정사영상의 평균적 수평위치오차는 약3m인 것으로 나타났다.

(노수현, 2011)에서는 SAR 영상의 기하보정을 위하여, 센서 기본정보, 지상기준점, 수치표고모델 3가지 방법으로 보정하고 결과를 비교분석하였다. 결과 정확도가 높은 순서로서 수치표고모델, 지상기준점, 센서 기본정보 순서로 나타났다. 광학영상과의 특성 차에 의하여, SAR영상에서는 전체 영역의 표고자료가 주어져야 더 정확한 결과를 얻을 수 있었던 것으로 판단된다.

(오재홍 등, 2014)에서는 위성영상 간의 영상 매칭에 대한 연구를 하였다. 3차원 지형정보를 얻기 위해 기존의 영역기반 매칭기법을 주로 사용하였으나 여기서는 에피폴라 영상 생성을 통한 입체적 영상 매칭 기법, 선형 객체 기반 매칭 기술을 제안하였다. 영역기반 매칭은 입체쌍의 DN이 유사하여야 하고, 대상지 경사가 완만한 경우에만 유효한 한계가 있다. 또한 단일패스 입체 영상이어야 하므로, 촬영 때에 위성자세변경이 필요한 문제점도 있었다. 아리랑 2, 3호 영상을 이용하여 에피폴라 영상재배열에 의한 3차원 영상을 생성하였다. piecewise 에피폴라 영상 구축을 제안하였다.

(염준호 등, 2015)는 도로명주소지도와 수치지도에서 각각 추출한 건물을 매칭시키기 위해 ICP(Iterative Closest Point)알고리즘을 활용한 기하보정기법을 적용하였다. 벡터 자료로서의 점 자료 간 매칭에 관한 연구이다.

(오관영, 2017)에서는 고해상 영상과 다분광 영상의 융합(pan-sharpening)을 아리랑 영상에 적용하여 새로운 영상융합 기법을 제안하였다. 융합된 영상의 기하보정에 상대 DEM을 사용하여, 좌우 입체쌍의 공액점에 해당되는 지상좌표를 계산하고 그것을 사용하여 RFM을 완성하였다.

(이재빈 등, 2008)은 IKONOS-2 영상 기하보정을 위한 기준점으로서, 지상측량에 의한 GCP를 사용하는 대신, 항공레이저 측량으로 관측되는 선형객체를 사용하는 연구를 하였으며, (한유경 등, 2011)은 KOMPSAT-2 영상을 기준으로 TerraSAR-X영상의 기하보정을 시도하였다. 초기 이동량 산정, 선형객체에 의한 매칭, 매칭점의 기하보정을 수행하였다. 국지적 변환모델로서 piecewise linear function으로 델루니 삼각형 각각에 2D Affine 변환식을 적용하였다. 삼각망 구성이 되지 않은 지역은 전역적인 2D Affine 적용을 하였다.

(김현숙 등, 2017)은 우리나라 통신해양기성위성의 영상 자동기하보정을 위한 사전 연구이다. GOES-9영상과 세계 해안선 DB에서 생성한 랜드마크 영상 칩 211개를 사용하였다. 랜드마크 칩 추출, 랜드마크와 영상 간의 정합, 오정합 추출(RANSAC-RANdom Sample Consensus 기법

사용), 기하보정의 4단계가 본 연구의 핵심기술이다. 센서모델은 물리적 센서 모델인 '궤도기반모델'을 사용하였다.

(김한결, 2017)은 (김현숙 외, 2007)에 더하여 영상에 해안선이 나타나지 않은 경우(랜드마크 칩 사용 불가 영역)의 영상 기하보정에 주파수영역 매칭을 제안한 연구이다.

(성민규 등, 2014)에서는 IKONOS-2와 SPOT-5 영상에서 제공하는 RPC와 위성보조정보를 활용하고, 두 영상에 piecewise 방법을 적용하여 에피폴라 영상을 제작하였다. RPC 기반 블록조정으로 지상 3차원 좌표를 계산하였으며, 에피폴라 영상으로도 지상 3차원 좌표를 계산하여 두 결과를 비교하였다.

(서두천 등, 2014)에서는 KOMPSAT-2 영상에 제공된 RPC를 개선하는 방법이 제안되었다. 추가적인 GCP를 사용하는 방법, 다항식 모델법, RPC 블록조정법(Grodecki 등, 2003) 등이 소개되었다. RFM 주변환식과 역변환식으로 계산된 영상좌표, 지상좌표와 실제 좌표의 오차를 분석하고, 결과를 이용하여 1차 다항식 모델 보정식을 제안하였다.

(이효성 등, 2013)은 KOMPSAT-3 영상에 제공된 RPC에 적합한 조정 모델을 찾기 위한 6가지 조정모델을 적용한 연구이다. RPC 블록조정법을 이용하여 적합한 RPC 조정계수를 제안하였다. 1개의 기준점을 이용한 2개 계수 모델이 가장 적절한 것으로 판단되었다.

(윤완상 등, 2018)은 기 구축된 지상기준점 DB로부터 검색된 지상기준점과 KOMPSAT-3A 기본영상 간의 자동 매칭을 수행하여 정밀 기하보정을 수행하는 기법을 제안했다. 또한 정밀 기하보정된 영상에 내에 존재하는 기복변위에 따른 기하학적 왜곡을 제거하기 위해, 수치지형고도모델(DTM)을 이용하여 정사보정을 수행하는 방안도 제시했다.

(박형준 등, 2019)은 지상기준점과 입력영상의 자동 매칭을 위해서 기 구축된 항공정사영상 및 위성정사영상 DB로부터 각 지상기준점에 해당하는 영상조각(GCP Chip)을 추출하여 이를 지상기준점과 함께 DB화 하는 연구를 수행했다. 해당 영상조각은 정밀 기하보정을 수행하기 위한 GCP를 확보하는데 중요한 역할을 수행한다.

4) 해외 기하보정 기술 현황

(Toutin, 2011)에서는 정밀 기하보정, 정사보정 등의 정의, 분류, 연혁 등에 관해 기술하고, 이 지중 센서 영상 또는 센서 자료의 통합을 위한 기하보정 전망을 기술하였다. 해당 논문에서 나열된 위성영상의 기하보정을 위해 사용되는 센서 모델의 종류는 표 3-2과 같다.

<표 3-2> 위성영상 기하보정을 위한 모델 분류(Toutin, 2011)

모델 분류	모델명	비고(수식)
Physical models	array (frame) camera	항공사진용 공선조건식 적용(SkySat)
	whiskbroom sensor	소형센서에 의한 2차원 스캔방식(LandSat 등)
	pushbroom sensor	선형센서에 의한 1차원 스캔방식(SPOT 등)
	agile HR scanner	선형센서에 의한 소규모 고속 1차원 스캔방식 (IKONOS 등)
2D·3D empirical models	2D polynomial functions	$P_{2D}(XY) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij} X^i Y^j$
	3D polynomial functions	$P_{3D}(XYZ) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p a_{ijk} X^i Y^j Z^k$
	3D rational function	$R_{3D}(XYZ) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p b_{ijk} X^i Y^j Z^k}$

가) 2D·3D Polynomial Functions

현재 2D 다항식은 거의 사용되지 않고 있으나, 초기에는 정오차가 보정된 영상 또는 소규모 지역의 영상에 대량의 GCP와 함께 사용되기도 했다. SPOT-HRV(level_1 and level_2)는 1차식을 사용하였고, SPOT-HRV(level_1B)와 Landsat TM(level bulk or geo-referenced)는 2차식 사용하였으며, IKONOS Geo-product는 2D Affine을 사용하기도 했다.

SPOT 원시영상의 3D physical model을 추정하기 위해서 3D 다항식이 사용되기 시작했다.

GCP 개수를 줄이는 효과를 얻었다.

나) 3D Polynomial Functions

1999년 IKONOS 고해상도 위성영상 이후 3D rational function 모델(이하 RFM)이 사용되기 시작하였다. 위성궤도와 센서 파라미터가 제공되지 않았는데, 3D physical model 개발을 대신하는 방안으로서 RFM이 사용되었다. 두 가지 목적으로 사용되었는데, (1) 3D physical model (지형독립적 모델)을 추정하기 위해서, 또 (2) GCP를 사용하여 (지형종속적인) 변환식을 개발하기 위해서이다. Quick-bird 2 영상도 RFM을 사용하였다.

다) Physical model

Physical model은 다음의 4종류의 플랫폼·센서 조합에 따라 다르게 정의된다.

- array camera(Frame camera)
- whiskbroom sensor(Landsat-MSS, TM, ETM+)
- pushbroom sensor(SPOT, MERIS, ASTER, ALOS-PRISM)
- agile HR scanner(IKONOS, QuickBird, WorldView)

모든 플랫폼·센서 조합에 적용될 수 있는 수학적모델은 공선조건식(Collinearity Condition Equations)이다. 프레임 카메라가 아닌 위성영상의 경우 위성궤도와 자세로 지표면-영상 관계를 나타내는 모델이 플랫폼별, 해상도별, 센서 종류별로 개발되었다.

라) 왜곡보정방법 및 절차, 왜곡보정에서의 오차

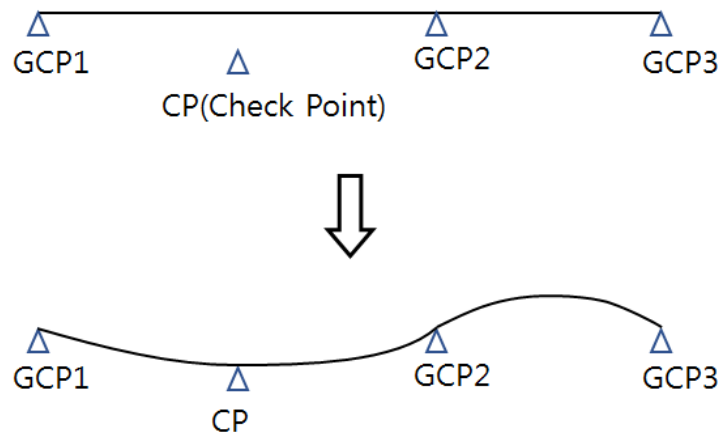
(Toutin, 2011)에서 분석한 일반적인 기하보정의 방법과 절차는 아래와 같다. 지상 자료 취득을 통해 모델을 수립하고, 영상을 보정하여 기하보정을 수행한다.

- 영상 자료 취득과 자료·센서 메타데이터의 전처리
- 지상 자료 취득(기준점, 검사점, 이기점) - 지상 3차원 좌표와 그 점의 영상 좌표
- 모델 계산
- 영상 보정(추가적으로, DEM을 사용한 정사보정)

(Zhou 등, 2013)에서는 영상 간의 매칭에 의한 기하보정 후, 박판운형법(Thin Plate Spline Method, TPS)으로 재보정하는 연구가 수행되었다.

(Erdogan 등, 2016)은 터키 위성 RASAT 영상의 기하보정에 관한 연구이다. SW Leica Photogrammetry Suite(LPS) 9.2를 사용하여, Physical Sensor Modeling(+기준점)으로 영상 기하보정 후, 다항식으로(영상을 subset으로 잘라서) 지역적 정밀 보정 수행한 연구이다. Generic Pushbroom 센서로 가정하였다.

(Shen 등, 2017)에서도 TPS로 RPC를 정밀보정하는 법을 제안하였다. 영상 제공자에 의해 공급되는 RPC는 충분하게 정확하지는 않다고 가정하고 이 RPC를 보정하는 방법으로서 박판운형법을 응용하였다. Ziyuan-3 위성영상을 이용하여 ① 박판운형법, ② 최소제곱 collocation법(LSC), ③ 2D affine법(AT), ④ 2차 다항식법(Quadratic Polynomial, QP)을 비교 평가하였다. ① 방법과 ② 방법이 나머지 두 방법에 비해 나은 결과를 보였다. 즉, 영상자료에는 다항식으로 표현되지 못하는 연성 변형이 존재한다는 뜻이다.



<그림 3-6> 판운형법(TPS)에 의한 왜곡보정 방법 개념

10개 이내의 GCP가 사용된 경우에 ① 방법과 ② 방법이 비슷한 정확도를 보였다. GCP가 더 많아지면서 ① 방법의 정확도가 더 향상되었다. 21개의 GCP가 사용된 경우, ① 방법은 ③ 방법에 비해 36%, ④ 방법에 비해 37%, ② 방법에 비해 19% 더 작은 잔차를 보이고 있다. 그림 3-6은 박판운형법에 의한 왜곡보정 방법에 대한 개념을 보여주고 있다.

(Gu 등, 2010)은 MODIS의 databand에 들어있는 위경도 정보를 이용한 기하보정에 대해 연구하였으며, (Long 등, 2012)는 GCP 또는 객체의 선형 기반 기하보정 대신, 객체의 면 형상을 이용한(면 기반) 기하보정을 제시하였다. GCP에 대응하는 GCA(Ground Control Area)라는 용어를 도입하고, 영상면과 GCA 관계식에 오차 벡터를 포함하고 오차벡터를 최소화 하는 계수를 구하는 것이다. 사막, 산악지, 수면 등의 지역 영상으로서 GCP를 얻기 힘든 영상인 경우, 다른 영상, 수치지도, GIS 벡터자료 등을 기준으로 적용이 가능한 방안이다.

(Karami 등, 2015)는 컴퓨터 비전과 로봇에서의 영상 매칭 알고리즘 3개, SIFT, SURF, ORB의 수행역량을 왜곡 형태, 주요점 추출 수, 정합율, 수행시간 측면에서 비교하였다. ORB가 가장 빠른 매칭을 수행한 반면, SIFT가 최상의 정합율을 보였다. (Ling 등, 2016)은 여러 센서로부터 얻어진 영상자료에서 공액점을 찾는 방법 제안 연구를 하였다. 관심점과 seed point를 선택하고, 영상 피라미드를 구축한 후, SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)자료에서 에피폴라 라인을 만들어 seed point 간의 매칭을 수행한다. 영역분할기반 매칭기법이 제안되었으며 기하학적 유사성 척도로서 DANCC(Distance Angle and Normalized Cross-Correlation)가 제안되었다.

(Remondino 등, 2014) 연구는 ABM(Area Based Matching), FBM(Feature Based Matching)에서부터 dense matching algorithms까지 영상매칭의 역사를 기록하고, 4개의 주요 최신 매칭알고리즘(dense matching algorithms)에 의한 3D construction SW를 비교한 연구이다. 4개의 알고리즘(SW)은 SURE, MicMac(MM), PMVS, Photoscan(PS)이며, 영상 촬영

대상물은 8가지로 하였다. 수월성에 대한 결론은 없고, 대상물에 대한 4개 알고리즘이 조성한 3D point cloud가 Laser Scanner 등으로 만든 Ground Truth와 얼마나 다른지를 묘사하였다.

5) 시사점

현재 보편적으로 사용되는 위성영상 기하보정 방법은, 먼저 영상 제공자가 영상에 전역적 보정을 수행하고, 선택적으로 지역적 보정을 수행하며, 이후 영상 사용자가 소규모 영역에 대한 별도의 정밀 기하보정을 수행하는 것이다.

영상 제공자에 의한 전역적 방법은, 이전에는 물리적 센서 모델을 사용하였으나 점차 다항식 또는 RFM으로 대체되었다. 영상 제공자가 위성 및 센서 운용에 따른 플랫폼 및 센서의 물리적 변수를 모두 적용하여 영상에 대한 기하보정을 수행한다. KARI에서 제공하는 아리랑 영상 Level 1R과 1G가 이것에 해당한다.

한편 국토지리정보원의 국토위성센터에서는 국내에서는 최초로, 제공자 수준에서, 정밀 기하보정 처리가 완료된 정밀영상 산출물을 제공할 계획에 있다. 이를 위해 미리 구축된 지상기준점 DB와 수치표고모델을 활용한 정밀 기하보정 기술 개발을 수행했으며, KOMPSAT-3A 영상에 해당 기술을 적용했을 때 남북한 지역에 대한 정밀보정영상의 기하정확도는 2픽셀 내외이고 정밀정사영상의 기하정확도는 2m 내외로 보고됐다.

영상사용자는 GCP 취득이 가능한 특정 지역의 영상에 대해서는 선택적인 지역적 보정을 수행한다. 밀도가 조밀하고 고르게 분포된 GCP를 사용하여 영상제공자가 제공한 RPC를 정밀보정하는 절차를 거치게 된다. 최소제곱 collocation방법과 TPS를 응용한 RPC보정 방법이 사용되고 있다(Shen 등, 2017). 현재 가장 최신의 대중적인 기법은 GCP를 사용한 TPS 기법으로서, GCP에 의해 고정된 3차원 점 사이 영역의 표면이 윤형면(Spline Surface)으로서 비례계산(보간)이 된다(Zhou 등, 2013; Erdogan 등, 2016).

중저해상도 영상과 고해상도 영상에서의 보정 방법을 달리해야 하고, RFM은 2차다항식까지는 정밀도 향상이 있으나, 그 이상의 다항식은 향상 효과가 없는 것으로 나타났다(서두천 등, 2005).

위성영상 기하보정은 지표면-영상면의 상관관계를 도출하고 영상을 지표 객체 간 동일한 상대 위치를 가지도록 보정하는 것이기 때문에, 그동안 많은 센서모델과 유리함수모델(RFM) 등이 개발되고 개선되어 왔으나, 결국 GCP의 조밀도와 분포에 따라 기하보정의 정밀도와 정확도가 결정이 된다. (김현숙 등, 2007)과 (윤완상, 2018)에서는 GCP DB 또는 특정 객체 형태를 GCP Chip DB로 조성하고 위성영상과의 자동 매칭을 통한 기하보정 절차의 효율을 높이하고자 하였다.

아래 표 3-3은 앞서 조사한 기하보정 관련 국내외 기술 현황을 정리한 내용이다.

<표 3-3> 기하보정 관련 국내외 기술 현황 정리

분류	국내 현황	해외 현황
고해상도 영상 자료 제공 형태	<ul style="list-style-type: none"> • KOMPSAT-3/3A의 경우 항공우주 연구원에서 복사보정 및 초기 기하 보정을 수행 • 사용자에게 1R/1G 형태의 영상만을 제공 	<ul style="list-style-type: none"> • 해외 위성의 경우 위성영상 제공자 측에서 1R/1G 뿐만 아니라 정밀기하수립이 완료된 산출물을 제공하고 있음
정밀 기하보정	<ul style="list-style-type: none"> • 위성영상 기하보정 방법은, 먼저 영상 제공자(영상 vendor)가 영상에 전역적 보정을 수행하고, 선택적으로 지역적 보정을 수행 • GCP DB를 구축 및 자동 매칭을 통해 정밀 기하보정(남북한 지역 정확도 2m 내외)을 수행하고 정밀정사영상을 생성하는 시스템 개발 및 국산화 성공 	<ul style="list-style-type: none"> • 해외의 경우 TPS등과 같이 새로운 방식을 적용한 정밀기하수립 연구가 활발하게 이뤄지고 있음 • GCP사용이나 자동 매칭 정합을 이용해 기하학적으로 보정을 수행하는 기능을 상용소프트웨어에서 개발되어 판매 중에 있음

6) 발전전망

방대한 용량으로 촬영되는 위성영상을 변화탐지, 정밀지형분석, 국토모니터링 등에 주기적으로 활용하기 위해서는 기계학습 등 자동화된 분석기술이 필수적인 반면, 자동화된 분석기술에는 반드시 위치정확도가 확보된 정밀영상을 입력영상으로 사용해야 한다. 또한 ARD의 주 활용목적인 시계열적 분석을 위해서라도 표준화된 위치정보의 제공을 위한 정밀 기하보정 기술의 개발은 지속적으로 이뤄질 것으로 판단된다.

해외의 경우 미국, 유럽, 일본 등의 정부 및 민간에서 ARD 구축 및 서비스를 추진 중에 있다. 국가위성의 경우 현재 정확도 확보가 가능한 지역에 대해서만 자료를 구축하여 제공하고 있는데, 민간의 경우 보유하고 있는 전세계 지역의 위성영상에 대해서도 ARD 자료를 구축하여 제공할 계획에 있다.

국내의 경우 국토위성센터에서 정밀 기하보정의 기술 개발을 통한 정밀영상 생산 시스템을 구축했으며, 향후 정밀영상 생성 기술의 발전 방향으로는 북한지역 GCP Chip 및 남한 산악지역 GCP Chip의 개선과 해외지역에 대한 정밀영상 생성 기술개발을 위한 GCP DB 구축 기술 등의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

나. 정사보정 기술 현황 분석

1) 정사보정 기술의 정의

초기 기하보정 및 정밀 기하보정을 통해 생성된 정밀보정영상은 정확한 영상점-지상점 간의 변환 관계식을 가지고 있으나 원본영상의 격자구조를 유지하고 있어서 지표면 기복변위에 따른 기하학적 왜곡이 제거되지 않은 상태의 영상이다. 따라서 정밀보정영상에 포함되어 있는 왜곡을 제거하고 지도좌표계에 일치되도록 영상을 재배열하는 과정이 필요한데, 이를 정사보정이라고 한다.

정사보정이 완료된 영상을 정사영상이라고 한다. 이상적인 정사영상은 각 영상소가 지상 기준면 상에서의 참 위치를 나타내게 되는데, 어떠한 센서 왜곡, 기하 왜곡, 지형 왜곡도 없는 상태를 말한다. 정사보정은 위성영상 기하 왜곡 보정 과정의 최종 단계이다.

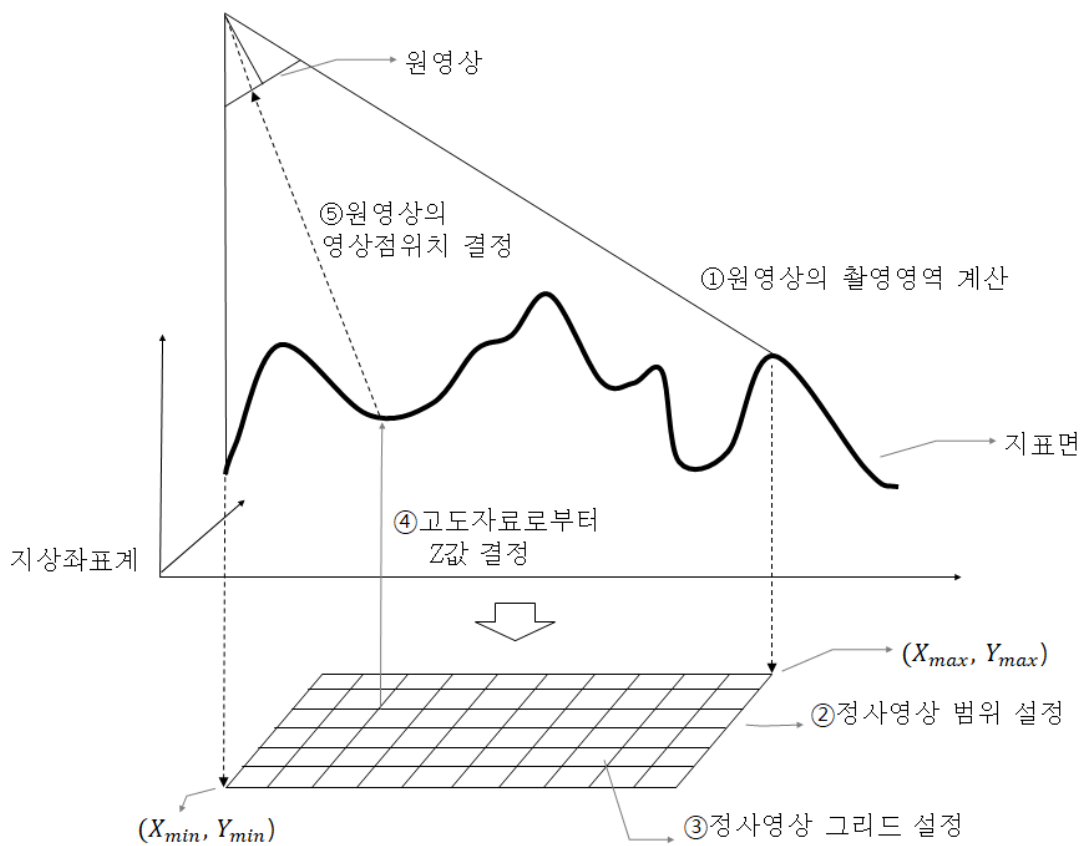
정사영상의 제작을 위해서는 지표면의 정확한 고도를 확인할 수 있는 수치지형고도모델이 미리 구축되어 있어야 한다. 정사보정을 거치고 나면 영상의 픽셀들이 정사투영기하를 가지고 지도좌표 계상에 등간격으로 배치된 정밀정사영상이 생성된다. 즉 정밀정사영상은 지도와 같은 특성을 가지며 영상지도(image map)라고 부르기도 한다.

2) 정사보정 기술의 구성

정사보정의 기술 구성 요소를 설명하기 위해, 아래의 정사영상 생성 과정에 대해 그림 3-7로 설명한다.

- ① 원영상의 촬영 영역 계산
- ② 정사영상의 범위 결정
- ③ 정사영상의 격자(그리드) 간격을 설정하고 각 격자의 행, 열의 정수좌표(X, Y) 계산
- ④ 고도자료를 이용하여 정사영상의 각 격자에 해당하는 높이값(Z) 계산
- ⑤ X, Y, Z 값이 결정된 정사영상의 각 격자 별로 대응되는 원본영상의 위치 계산
- 대응점 주변 화소의 DN 값들로 보간된 대응점의 DN 값 계산 및 정사영상 격자의 DN으로 부여

정사보정 기술은 지표면-영상면 상관관계를 이용하여 왜곡이 없는 영상면을 만들어간다는 점에서 모든 알고리즘과 처리개념은 기하보정 기술과 동일하다. 다만, 고도자료가 사용된다는 점에서, 고도자료의 정확도가 정사영상의 위치정확도를 결정한다는 측면에서 고도자료 생성 기술이 그 핵심을 이루고 있다. 또한, 정사영상의 최고 수준인 실감정사영상을 생성하기 위해서는 건물경계 추출과 폐색영역 검색, 폐색영역의 DN 값 추출 등의 기술이 필요하다.



<그림 3-7> 정사보정 개념과 과정

3) 국내 정사보정 기술 현황

2006년 아리랑 2호 위성 운용으로 우리나라의 고해상도 위성영상 시대가 열린 이래, 고해상도 영상을 활용하기 위한 국내 연구는 2012년 고해상도의 스테레오 영상 취득이 가능한 아리랑 3호 위성으로 인하여 더욱 활발해 졌다. 이를 기점으로 위성영상으로 DEM을 제작하는 연구도 본격적으로 진행되었다. 그러나, 정사보정 연구에 있어서는 SAR 영상에 대한 지형보정 또는 정사보정에 대한 연구가 다수 조사됐으나, 광학영상에 대한 정사보정 연구는 그렇게 많지 않다. 본 절에서는 정사보정을 위한 DEM 제작과 이를 위한 에피폴라 영상 제작, 실감정사영상 제작, 폐색지역 검색과 복원을 위한 광선추적법 기술 부분의 현황을 조사한 결과를 기술한다.

(Lee 등, 2006)이 IKONOS 영상으로부터 센서 외부표정요소에 의한 매칭 라인을 이용하여 DEM을 제작하는 연구를 수행하였고, (Lee 등, 2008)은 KOMPSAT-2 영상으로 5m급 DEM을 제작하였다. (Rhee 등, 2009)은 KOMPSAT-2 영상으로 10m급 DEM을 제작하여, 미국 USGS의 DTED 또는 Lidar DEM과 비교하였다.

(양지연 등, 2009)는 KOMPSAT-2 영상 정사보정을 위해서 지형, DEM과 GCP의 특성이 정사

영상의 정확도에 어떤 영향을 미치는지를 실험하였다. Level 1R 영상(원영상에서 방사보정된 영상)과 함께 제공된 RPC로 정사영상을 생성한 후 GCP와 검사점으로 영상의 정확도를 평가하였다. 편평한 지역은 DEM의 축척이나 GCP의 수(최소 3점 이상인 경우에)가 정확도에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 판명되었다.

(진청길 등, 2010)은 KOMPSAT-2 영상 등을 RPC와 GCP를 사용하여 정사보정하고, 정사보정된 영상 간의 밴드 상관성과 NDVI 상관성을 분석하였다. 밴드 상관성 분석에는 IKONOS 영상, Quickbird 영상이 비교되었다.

(이광재 등, 2013)은 KOMPSAT-2 영상과 1:5,000 수치지도로부터 제작된 DEM을 사용하여 한반도 전역에 대한 정사모자이크 영상을 생성하고 정확도 평가를 실시하였다. 우리나라 813점의 검사점을 사용하였다.

(오재홍 등, 2014)은 무기준점, 상대표정, 기존의 공간영상인 DOQ(Digital Orthophoto Quadrangle)과 SRTM을 기준점으로 사용한, 각각의 경우별로 RPC를 사용하여 제작한 5m DEM에 대하여 정확도를 Lidar DEM을 기준으로 평가하였다. 무기준점의 경우 약 19m이었으나 입체쌍 공역점으로 상대표정을 한 경우 약 12.5m로 향상되었다. 기준점이 없는 경우는 입체쌍의 공역점을 사용한 상대표정을 하는 것이 효과가 크다는 것을 보였다. 단일 기준점의 경우 7.5m, 다수의 기준점을 사용한 경우 6.3m의 정확도를 보였다.

Linear CCD array(pushbroom sensor)의 에피폴라 기하에 대한 연구는 국내에서는 (T. Kim, 2000, 'A Study on the epipolarity of linear pushbroom images')에 의해 시작되었으며, 해외의 (Gong, 등, 2004)의 연구로 이어졌다.

(송정현 등, 2014)는 KOMPSAT 2, 3호의 영상을 이용하여 영상소조각(piecewise) 기법으로 에피폴라 라인을 형성하고, 영상재배열을 통하여 에피폴라 영상을 제작하였다. 에피폴라 라인에서부터 직선 행, 열의 영상으로의 변환에는 3차 다항식이 적절하다는 것도 실험하였다. (Oh, J.H. 등, 2010)도 piecewise 기법으로 에피폴라 라인을 형성하고 에피폴라 영상을 제작하는 연구를 수행하였다.

광선추적법(Ray Tracing)은 어떤 직선이 어떤 객체와 접촉을 하거나 관통을 하게 되는지, 또는 어떤 점에서 또 다른 어떤 점으로의 가시선이 확보되는 지를 수학적으로 점검하는 방법으로서, 통신분야에서는 (최훈규 등, 1990)가 전파 그림자 영역 계산에 활용하였다.

(서두천 등, 2014)은, 일반적인 RPC는 지상좌표를 영상좌표로 변환시키는 변환식의 계수인데, KOMPSAT 영상에 대하여 역 RPC 계산으로, 임의 영상좌표로부터 지상좌표(DEM을 사용하고)를 계산하는 방안을 제시하였다. 동시에 광선추적법을 적용하여 지상좌표의 정확도를 향상시켰다.

한편, 항공우주연구원에서는 L1R 영상과 SRTM의 DEM을 사용하여 표준영상생성시스템을 통

하여 L1G 영상(표준기하보정 및 정사보정 영상)을 생성하고 있다. L1R 영상격자에 대응하는 DEM 격자의 표고자료를 찾고 비례계산으로 그 영상 격자의 표고를 결정한 다음, 기준면과의 표고 차에 해당하는 기복변위를 조정하게 된다.

국토지리정보원의 국토위성센터에서는 기 보유하고 있는 DEM 정보를 이용하여 국토위성정보 생성 시스템을 통해 정밀보정영상으로부터 지표면 기복변위를 제거하고 기준좌표계로의 좌표변환을 수행하여 영상의 각 픽셀좌표가 지상좌표와 일치하도록 처리한 정밀정사보정 영상을 제공할 계획에 있다. 특히 정사영상 생성 대상 지역 별로 확보된 DEM 자료를 자동으로 검색하여 남한 지역 뿐만 아니라, 북한과 전세계 지역에 대해서도 정밀 정사보정을 처리할 수 있는 기술을 개발했다.

4) 해외 정사보정 기술 현황

(Yong Hu 등, 2004)는 위성영상에 대한 RFM과 기하보정과 정사보정에 대한 개념, 의의와 역할을 나열하였다. 1999년 OGC가 영상 변환 방법의 하나로써 RFM을 표준으로 제정한 이래, RFM에 대한 설명과 과거 5년간의 연구주제의 흐름, 그리고 연구 방향을 진단하였다. 무기준점 기반, 기준점 기반 PRC 산출 방법, RFM 정밀보정기법, 사진측량학적 활용기법, 이기종 센서 영상 통합 등의 연구 흐름에 관해 기술하였다.

영상제공자가 제공한 RPC와 함께 GCP를 이용하여 영상을 정밀보정하는 연구, RPC를 직접 갱신하는 방법, 직접 갱신하지 않고 제공된 RPC를 사용하여 영상을 만든 다음, GCP를 사용하여 영상을 변환하는 방법 등의 연구에 대해 언급되었다. Forward RFM과 backward RFM 등에 대한 연구도 기술되었다.

(Hoja 등, 2008)은 재난상황에서의 긴급 지도 제작을 위해서, 위성영상으로부터 정사영상을 제작하는 SW 4개(XDibias, Erdas Imagine, PCI Geomatics, ENVI)의 성능을 비교한 연구를 하였다. 정확도뿐만 아니라, 알고리즘의 최적화와 자동화 측면, 처리속도 등도 비교하였다. German Aero Space Center(DLR)에서 개발 중인 SW XDibias로 전처리한 영상을 사용하였다.

자료는, 1. 뮌헨 도심 IKONOS 영상(GCP 가용, 1초 DEM 가용), 30점에 대한 3D좌표를 사용(5점은 GCP로 25점은 검사점으로 사용) 2. 카쉬미르 산악지의 IKONOS and SPOT-5 영상(GCP 없음, DEM 가용)을 대상으로 하였다.

4개의 SW 정확도는 비슷하였다.(물론 RPC의 정확도, DEM과 GCP의 정확도에 종속적이다) 처리속도면에서는 Erdas Imagine이 5분으로 가장 좋으며, 다음이 PCI Geomatics로서 5~10분이었다. ENVI가 30분 가량이고 XDibias는 영상에 따라 15분에서 100분에 이르렀다.

자동정사보정에 관한 연구로서는 (Marsetic 등, 2015)의 광학 pushbroom sensor 영상의 완

성자동 정사보정 연구가 있다. 영상 메타데이터 추출, GCP 자동추출, 기하모델링, 정사영상생성의 4단계 자동화 과정으로 나누었다. GCP 자동추출은 기존 벡터지도를 사용하여 도로 경계를 영상과 매칭시키는 방법을 사용하였다. 기하모델링은 GCP와 대응 영상의 공선조건식을 이용하여 2차다항식으로 개발하였다.

개발한 자동보정 방법을 3 영역의 RapidEye 영상으로 시험하였으며, 최종 정사영상이 검사점에서는 subpixel 정확도, 영상격자에서는 1 pixel 정확도로 생성됨을 확인하였다.

SW가 수용 가능한 영상도 점검하였다. 표 3-4는 위성영상별 처리가 가능한 SW를 표시하였다. 우리나라 KOMPSAT 영상은 ENVI에서만 처리가 가능하다는 것도 기술되었다.

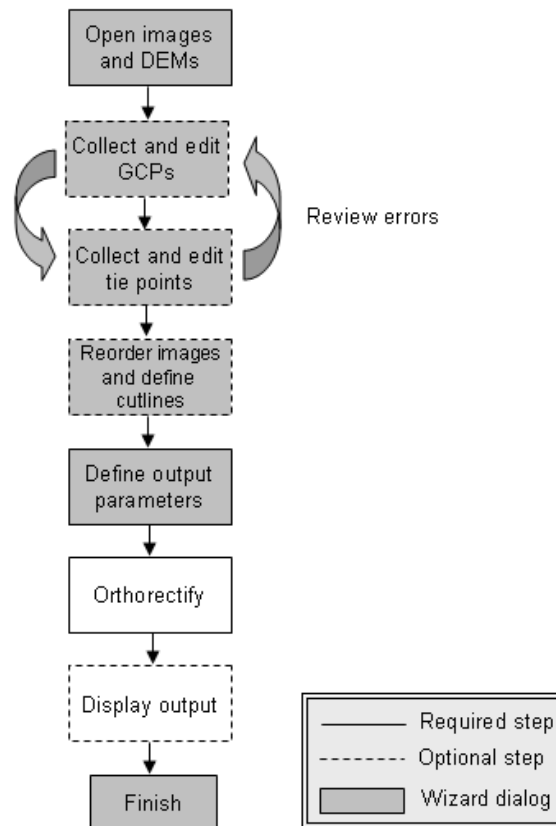
<표 3-4> 위성영상 별 수용 가능 SW

Satellite	XDibias	Erdas Imagine	ENVI	PCI Geomatics
KOMPSAT-1, 2	-	-	○	-
IKONOS	○	○	○	○
IRS-P5, P6	○	○	○	○
QuickFird	○	○	○	○
SPOT-2	-	○	○	○
SPOT-4,5	○	○	○	○

기존 위성영상처리 SW인 ENVI의 사용자 매뉴얼도 분석을 하였다. (ENVI Classic Tutorial: The ENVI Orthorectification Module. 2014) 매뉴얼은 ENVI Classic Orthorectification Module을 사용하여 입체쌍인 두 개의 QuickBird Level-1영상(in Geotiff format)과 DEM을 투입하여 ‘정사보정’된 정사영상을 생성하는 방법에 대한 사용자 매뉴얼이다.

해당 기능을 통해 정사영상을 생성하기 위해서는 영상의 RPC, 고도자료와 지오이드 정보가 필요하며 선택적으로 GCP 정보(GCP좌표와 정밀도), Tie Point정보를 필요로 한다. 물론 GCP와 Tie Point를 지정하였을 때 결과물의 정확도가 훨씬 향상된다. 작업 흐름은 그림 3-8과 같다.

최종성과물을 얻기 위해서는, ‘Output parameter’로서 평면좌표표시법(UTM 등), Datum, Unit, Zone을 선택해야하고, 마지막으로 최종 영상의 이름과 컴퓨터 내의 위치를 지정한다.



<그림 3-8> The ENVI Orthorectification Module에서의 작업흐름도

광선추적법은 사진측량에서의 ‘공선조건’과 동일한 개념으로서 이미 오래전에 그래픽 랜더링 분야에서 (Rubin 등, 1980), (Kajiya, 1983), (Kay 등, 1986) 등의 연구가 발표되었다. (Arno, 1995)은 컴퓨터 비전 분야에 광선추적법을 도입하였으며, (Stefan 등, 2010)은 SAR 영상에 광선추적법을 응용하였다.

위성 광학영상에의 적용은 (Muller 등, 1988)에 의해 시도되었다. 위성 영상에 의한 DEM의 shading 제작에 광선추적법을 사용하였다. (Newton 등, 1991)는 SPOT 영상의 shading에 적용하였으며, (Vreys 등, 2016)은 초분광영상의 기하보정에 광선추적법을 응용하였다.

5) 시사점

고해상도 위성영상의 출현으로 입체 위성영상을 이용한 지도제작 가능성 연구, DEM 제작 연구와 더불어 위성영상을 직접 지도로 사용하기 위한 정사영상 제작(영상지도 제작)에 대한 연구도 병행되었다. 영상지도는 제작 신속성과 주기성, 그리고 넓은 영역을 포괄하는 경제적인 방법이라는 장점뿐만 아니라 일반인이 쉽게 대상물을 인지할 수 있는 실감 영상이라는 장점도 가지고 있다. 긴급 상황에 대처하기 위한 지도 제작의 한 방법으로서 연구 개발이 계속되어야 한다.

현재 아리랑 위성은 표준영상생성시스템에 의해 대기보정과 초기기하보정이 된 L1R 영상과 SRTM의 DEM을 사용하여 정사보정이 된 L1G 영상을 공급하고 있다.

국토위성정보 수집·활용 시스템은 1:5,000 DEM을 기반으로 하는 정사영상을 제작하여 공급할 계획에 있다. 이를 위해 GCP Chip DB를 구축하고 자동 칩 매칭을 통해 전역적 정사보정을 자동으로 수행하는 기술을 개발하고 시스템에 적용한 상태이다.

도시 등 고층건물이 많은 지역의 정사영상 제작을 위해서는, 건물의 고도정보가 필수적이다. 기하보정을 위한 GCP는 영상의 전역적 등록을 위한 것이므로, 고층건물의 꼭대기 경계점 등을 기하보정에 사용할 수 없다. 반면, 기하보정이 완료된 영상에 대한 정사보정의 측면에서는, 건물의 꼭대기 경계점 사용이 필수적이므로, GCP 자동추출 및 GCP DB 조성에서 기하보정용 GCP와 정사보정용 GCP를 별도로 분리하여 DB조성을 하는 기술이 필요하다.

아래 표 3-5는 앞서 조사한 정사보정 관련 국내외 기술 현황을 정리한 내용이다.

<표 3-5> 정사보정 관련 국내외 기술 현황 정리

분류	국내 현황	해외 현황
위성 정사영상 제공 여부	<ul style="list-style-type: none"> 현재 아리랑 위성은 표준영상생성시스템에 의해 대기보정과 초기기하보정이 된 L1R 영상과 SRTM의 DEM을 사용한 L1G 정사보정 영상 두 종류의 영상만 공급 국토위성의 경우 1:5,000 DEM 기반의 정밀정사보정 영상을 제공할 예정임 	<ul style="list-style-type: none"> 해외 위성의 경우 위성영상 제공자 측에서 L1R, L1G 뿐만 아니라 정사영상을 산출물을 제공
정사영상 제작 기술	<ul style="list-style-type: none"> 관련 연구가 지속적으로 진행되고 있고 항목별 기술 개발을 위한 전문 인력이 소수 존재하는 상황 RFM 모델에 기반한 정사보정 기능은 상용화 수준으로 존재 국토위성정보 수집·활용 시스템에 국토지리정보원 보유 DEM을 기반으로 자동화된 정밀정사영상 생성 기술 개발 및 적용 완료 	<ul style="list-style-type: none"> 해외의 경우 ENVI를 비롯한 여러 위성영상 처리 SW에 정사영상 생성 기능이 포함되어 있음

6) 발전전망

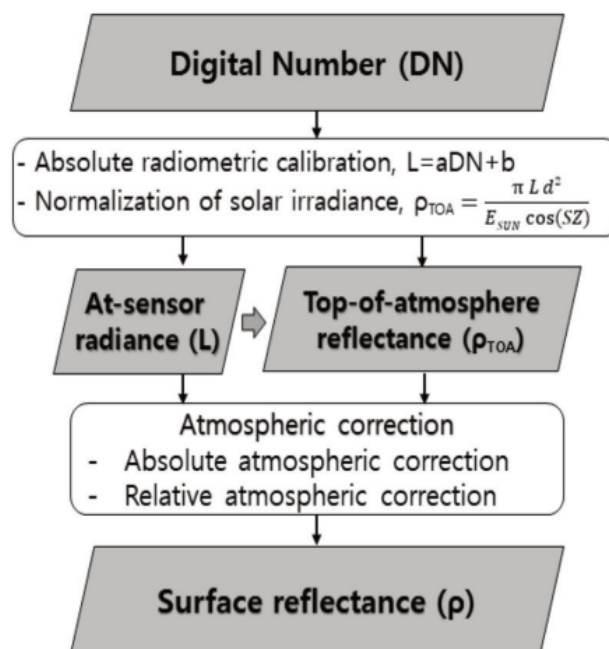
긴급 재난 상황 등에 대처하기 위한 지도 공급을 위해 영상 제공자 입장에서, 전역적 정사보정 기술을 통한 정사영상의 생성 및 제공은 반드시 필요하다고 판단된다. 또한 전 세계적으로 고해상도 위성정보의 공급이 활발해질 것으로 기대되는 가운데, 전지구에 대한 고정밀 DEM DB의 구축이 가능할 것으로 예상되고 있다.

정밀 정사영상 생성에 있어 고정밀 DEM은 필수 요소이므로, 고정밀의 DEM을 전역적으로 구축하는데 많은 기술과 노력이 집중될 것으로 보인다. 특히 고해상도 위성의 스테레오 영상을 이용한 DEM 자동 제작 기술과 이종자료(LiDAR, SAR, 수치지도)를 활용한 DEM 대체 기술, 입체 영상으로부터 DEM을 제작하기 위한 에피폴라 영상 제작 기술 등의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

다. 대기보정 기술 현황 분석

1) 대기보정 기술의 정의

대기보정(atmospheric correction)은 센서에서 감지된 영상 신호에서 대기 입자에 의해 발생한 산란 및 흡수 등 대기영향을 제거 또는 최소화하는 처리과정을 의미한다. 광학영상의 개략적인 대기보정 과정은 그림 3-9에서 보여주는데, 센서에서 생성된 영상의 화소값(digital number, DN)을 주로 표면반사율(surface reflectance, ρ)로 전환하는 과정이라 할 수 있다. 영상의 DN 값은 센서에서 감지된 복사휘도(L)를 수치화한 상대적인 밝기값이다. DN으로부터 복사휘도 L은 절대복사보정계수 (absolute radiometric calibration coefficients)를 적용하여 얻을 수 있는데, 이 보정계수는 위성 발사 전에 실험실에서 얻어진 초기값을 기초로 발사 후에 지상표적을 이용한 대리검보정(vicarious calibration) 과정을 통하여 주기적으로 갱신된다(이규성, 2019). 복사휘도 L을 태양 복사조도(solar irradiance)로 나누면 센서에서 관측된 반사율(top-of-atmosphere reflectance, ρ_{TOA})이 된다.



<그림 3-9> 위성영상의 대기보정 처리 과정 (이규성, 2019)

두 종류의 신호값(L , ρ_{TOA})은 여전히 대기영향을 포함하고 있기 때문에 지표물의 특성을 나타내는 순수한 신호로 사용될 수 없다. 따라서 다음의 절대 대기보정 또는 상대 대기보정 처리를 통해서 표면반사율로 산출되고, 이는 곧 지표물의 생물리적 특성과 직접적으로 관련된 순수한 신호값으로 변환됐음을 의미한다. 이처럼 초기 영상신호인 DN에서 지표물과 관계없는 잡음을 최소화한 신호값을 도출하는 일련의 과정을 대기보정이라 한다.

2) 대기보정 기술의 구성

대기보정 기술의 핵심 요소 기술은 절대 복사보정, 절대 대기보정, 상대 대기보정으로 구성된다. 절대 복사보정을 통해 산출된 복사휘도와 센서 관측 반사율 정보를 이용하여 절대 복사보정을 수행하면 표면반사율을 산출할 수 있다. 반면에 절대 복사보정의 계수가 제공되지 않거나 부정확하여 절대 대기보정을 수행할 수 없는 경우, 또는 대기 자료를 확보할 수 없는 경우, DN값에서 표면 반사율을 계산하는 간단한 추정식을 이용하는 상대 대기보정 기술을 사용하기도 한다.

가) 절대 복사보정

절대복사보정(absolute radiometric calibration)은 주로 영상에 기록된 화소값(DN value)과 실제 센서에 전달된 물리적 복사량(at-sensor radiance)의 관계식을 수립하는 절차이다. 차후 대기보정을 비롯하여 영상에서 지표물의 생물리적 특성과 관련된 정량적 속성정보를 추출하기 위해서는 대부분 영상의 화소값보다는 물리적 복사휘도(radiance)가 요구되므로, 영상공급자는 실험적으로 산출된 정확한 절대복사보정계수를 제공하고, 주기적으로 갱신하여 사용자에게 공급하여야 한다.

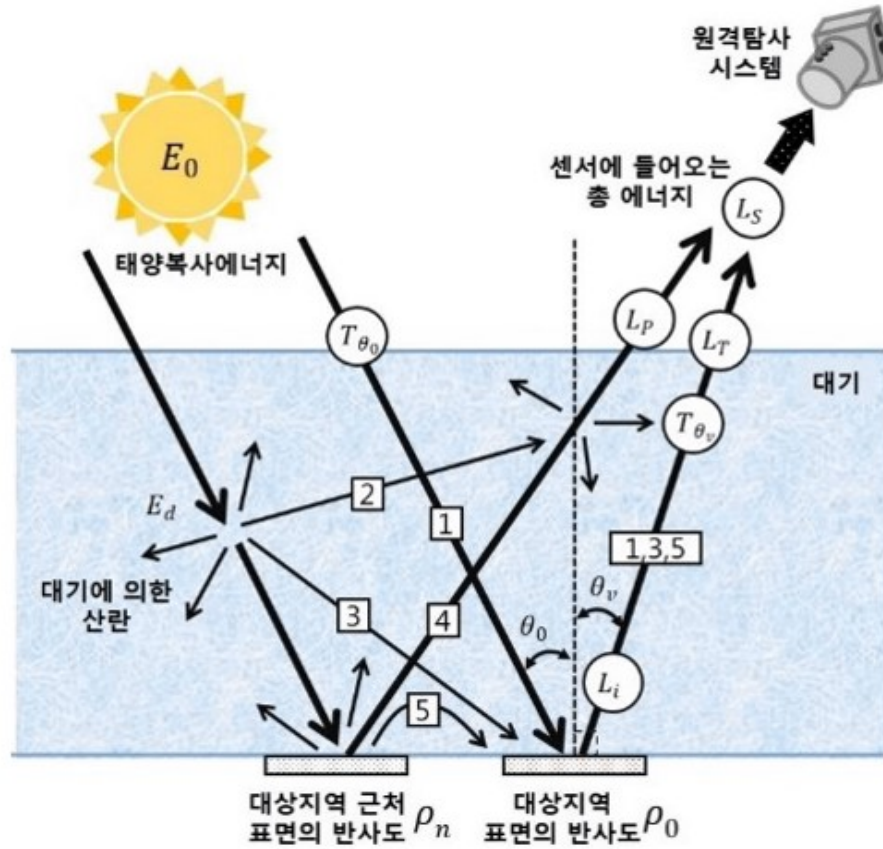
현존하는 많은 고해상도 광학 위성영상의 경우 정확한 절대복사보정계수가 알려져 있지 않거나 부정확한 경우가 많다. 이로 인해 위성영상의 DN값이 정확한 복사휘도로 전환되지 않을 경우, 그 다음 단계의 절대 대기보정에서 아무리 좋은 대기 자료를 적용한다고 해도 정확한 표면 반사율을 얻을 수 없다(Lee 등, 2015).

나) 절대 대기보정

그림 3-10는 센서에서 감지된 영상 신호값의 복사전달 과정을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 대기에 의한 영향 및 태양조도 및 관측각도에 대한 신호값의 변이가 발생한다.

절대복사보정을 통해 취득된 복사휘도 L_s 은 태양-지표면 그리고 지표면-센서까지의 전달 과정

을 거치며 지표에서 반사된 복사량(L_{target})과 더불어 대기신호(L_{path})을 포함하고 있기 때문에 사용자가 원하는 L_{target} 만을 추출하고 불필요한 신호값을 제거해야 한다.



<그림 3-10> 센서에서 감지된 영상 신호값의 복사전달과정

센서에서 감지된 복사휘도 L 은 간단하게 표현하면 식 (1)과 같다.

$$L = \frac{(E_o \cos \theta_z T_z + E_d) \rho T_v}{\pi} + L_p \quad \text{식 (1)}$$

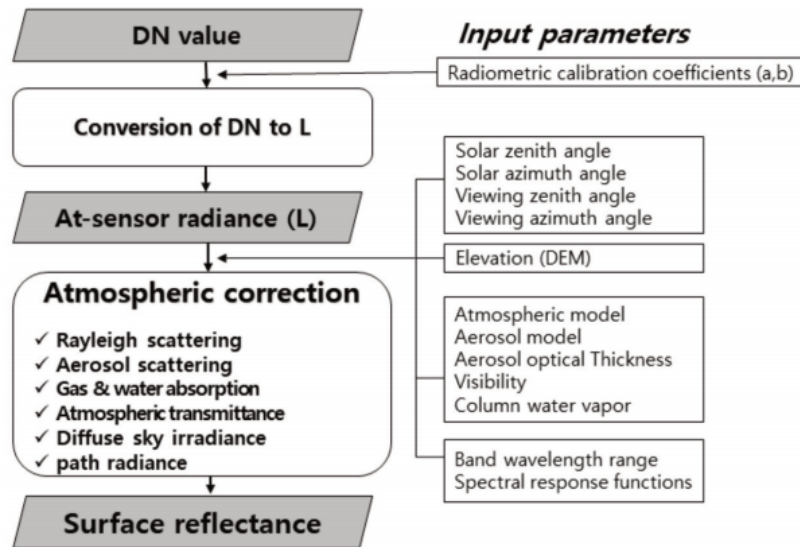
L = at-sensor radiance
 T_z = transmittance from sun to target
 E_o = Extraterrestrial solar irradiance
 θ_z = solar zenith angle
 ρ = surface reflectance
 T_v = transmittance from earth to sensor
 E_d = diffuse sky irradiance
 L_p = path radiance

지표면에 입사되는 복사조도(irradiance)의 총량은 대기권 밖의 태양복사조도(E_o)가 지구 표면

에 도달하기까지 대기투과율(T_z)과 대기산란조도(E_d)에 따라 결정된다. 지표물에서 반사되는 복사휘도는 그 지표물에 입사된 복사조도에 지표물의 반사율(ρ)을 곱하면 얻어진다. 물론 지표물에서 반사된 복사휘도는 지표물의 특성을 나타내는 순수한 신호값이 될 수 있으나, 계절적인 복사조도의 차이로 인하여 지표물과 무관한 변이가 발생하므로 순수한 신호값으로 사용되는 경우가 많지 않다. 지표면에서 반사된 복사휘도는 대기투과율(T_v)에 따라 센서에 도달하는 양이 결정되며, 센서방향으로 산란된 대기복사휘도(L_p)가 더해져 센서에서 감지되는 복사휘도가 된다. 식 (1)은 지표물이 균질의 완전난반사면(Lambertian surface)으로 가정하여 얻어진 복사휘도를 가정한다. 지구 표면의 대부분 물체는 완전난반사면의 특성을 갖지 않기 때문에 식 (1)에 의해 얻어지는 표면 반사율은 태양의 위치 및 센서의 촬영각에 따라서 다소 차이가 있게 된다. 따라서 태양각 및 촬영각에 따라 발생하는 반사율의 차이를 정규화할 필요가 있다(이규성, 2019).

절대 대기보정은 식 (1)에서 표면반사율 ρ 를 구하는 과정인데, 이 식에서 알려진 값은 L , E_o , θ_z 뿐이고, 나머지의 미지값을 얻기 위해서는 대기복사전달 모델을 이용하여 직접적으로 구해야 하는데, 이때 영상과 시공간적으로 일치하는 대기 자료가 필요하다. 위 식에서 가장 중요한 미지값은 대기투과율이다. 대기투과율과 관련하여, 대기 입자 중 가스의 농도는 시공간적 변화가 거의 없기 때문에 가스 분자에 의한 산란 및 흡수는 비교적 계산이 쉽다. 반면에 에어로졸이나 수증기의 분포는 시공간적으로 매우 가변적이고, 관측 자료를 확보하기가 쉽지 않다는 문제가 있다. 따라서 절대 대기보정 기술을 개발하기 위해서는 에어로졸 및 수증기 효과를 보정하기 위한 방안이 함께 수립될 필요가 있다.

대기복사전달 모델을 이용하여 미지값을 얻기 위해 필요한 입력자료는 영상 촬영시점의 태양과 센서의 기하학적 요소(천정각 및 방위각), 영상지역의 해발고도, 대기자료(대기모델, 에어로졸모델, 가시거리, 에어로졸광학두께(erol Optical Thickness, AOT), 수증기량 등), 그리고 센서의 밴드별 파장영역과 분광반응함수(Spectral Response Function, SRF) 등이 있다. 대기자료 중 가시거리는 별도의 에어로졸 자료가 없거나 영상에서 직접 AOT 정보를 추출하기 어려울 경우, 영상 획득 시점의 수평 가시거리를 통하여 AOT를 간접적으로 추정할 수 있다. 그림 3-11은 절대 대기보정 과정에서 필요로하는 입력 파라미터의 종류를 보여준다. 절대 대기보정에 사용되는 복사전달 모델은 미국에서 개발된 MODTRAN(MODerate resolution atmospheric TRANsmission)과 유럽에서 개발된 S6(Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum) 등이 있다.



<그림 3-11> 절대 대기보정 처리 과정에서 필요한 입력 파라미터 종류 (Lee, 2019)

다) 상대 대기보정

절대 대기보정은 지표면에서 반사된 복사에너지가 센서까지 도달하는 물리적 과정을 수학적 모델을 통하여 계산함으로써 표면반사율을 산출한다. 그러나 이 방법은 영상과 시공간적으로 일치하는 대기 자료가 구비되어야 하는 제약이 있다. 반면에 상대 대기보정은 별도의 대기자료의 입력을 필요로 하지 않는 방법이다.

상대 대기보정은 크게 외부자료 없이 수행하는 영상기반 대기보정 기법, 영상신호를 정규화하는 기법, 경험적 대기보정 기법(empirical line method, ELM)으로 구분된다.

(1) 영상기반 상대 대기보정

영상기반 상대 대기보정은 영상에서 대기산란복사량(L_p) 및 대기투과율(T) 등을 간접적으로 추정하는 방법이다. 널리 알려진 영상기반 방법은 영상에서 반사율이 거의 없는 dark-object(예, 완전한 그늘)를 선정하고 그에 해당하는 화소값 또는 복사휘도를 대기산란복사량(L_p)으로 간주하여, 영상의 모든 화소마다 이 값을 차감하는 방법이다. 각 화소값은 영상 전체의 평균 화소값으로 정규화된 값을 사용하므로 다른 자료를 필요로 하지 않는 장점이 있는 반면에 광 흡수성 물질이 존재하는 경우엔 큰 오차를 유발할 수 있다(Bendor 등, 1994).

이 방법을 개선해 식 (1)에서의 대기투과율 T_s , T_v 이 각각 태양 및 센서 천정각에 근사하다는 것을 실험적으로 제시한 COST방법이 있다(Chavez, 1996). 물론 이 방법은 영상의 매 화소마다 다른 대기상태를 고려하지 않은 방법이기 때문에 대기상태가 다양한 넓은 지역에는 적합하지 않다.

(2) 영상신호 정규화 기반 상대 대기보정

시계열 영상을 분석하고자 할 때 적용하는 상대 대기보정은 시계열 영상의 신호를 정규화하는 방법이다. 이 방법은 여러 시기의 영상에서 대기영향을 비교적 덜 받은 맑은 날 촬영된 영상을 기준으로 하여, 나머지 영상들을 기준 영상의 대기조건과 비슷하게 맞춰주는 방법이다. 시계열 영상들을 기준영상의 신호에 맞추어 변환하기 위한 관계식은 시계열 영상에서 모든 시기에 걸쳐 표면반사율에 변화가 없다고 판단되는 불변성지표물(invariant targets)을 통하여 얻어진다. 이 방법은 정성적인 시계열 변화를 분석할 때 흔히 적용하는 방법이다. 상대 대기보정은 별도의 대기자료가 필요하지 않고 간단히 적용할 수 있기 때문에 오래전부터 Landsat영상에 적용되어 왔으나, 고해상도 영상에도 적용되는 사례가 있다(Karpouzli 등, 2001; Wu 등, 2005).

(3) 경험적 상대 대기보정

경험적 대기보정(empirical line method, ELM)은 영상촬영시간과 동시에 현지에 정확한 반사율을 알고 있는 기준판(reference tarps)을 설치하거나, 여러 개의 기준 지표물을 선정한 뒤 분광계를 이용하여 직접 반사율을 측정하여 적용하는 방법이다. 즉 영상의 화소값과 직접 측정된 반사율을 이용하여 신호 이득(gain) 및 오프셋(offset) 값을 산출하기 위해 식 (2)와 같은 선형 회귀식을 도출한다.

$$L_i(\lambda) = \alpha_i + \beta_i \cdot \rho(\lambda) \quad \text{식 (2)}$$

식 (2)에서, $L_i(\lambda)$ 는 영상 밴드 i 에서 측정된 화소값, $\rho(\lambda)$ 는 직접 관측된 반사율, α 와 β 는 각각 선형 회귀 상수이다. 전체 영상에 대한 반사도는 각 화소별로 선형회귀식을 이용하여 계산한다. 실험적 대기보정은 영상촬영과 동시에 현지에 있는 기준 지표물의 반사율 자료가 필요하기 때문에 다소 복잡한 과정이고 또한 특정 시기 및 장소에 국한되어 적용할 수 있지만, 절대복사보정계수의 사용이 어렵거나 대기관측 자료의 확보가 어려운 경우 시도될 수 있는 비교적 간편하고 정확한 대기보정 방법이다(Na 등, 2015; Guo 등, 2019).

3) 국내 대기보정 기술 현황

가) 절대복사보정계수

국내에서 본격적인 지구관측위성 사업은 1999년 KOMPSAT-1호 때부터 시작됐다고 할 수 있다. KOMPSAT-1호 및 2호 영상의 절대복사보정계수는 영상 공급자가 공식적으로 제공하는 형태가 아닌, 실험적 연구에 의해 발표되는 수준이었다. 이후에 발사된 KOMPSAT-3/3A 영상부터는

절대복사보정계수가 제공되고 있다.

(Kim 등, 2002)는 KOMPSAT-1 영상을 대상으로 밝기값이 다른 여러 지표물을 현지 반사율 측정하고, LOWTRAN 복사전달모델을 이용하여 광학 센서에서 감지될 복사휘도를 추정했다. 그리고 현지 반사율 측정과 동시에 촬영된 광학 영상에서 동일 지표물의 화소값을 추출한 후 추정된 복사휘도와와의 관계를 나타내는 절대방사보정계수를 최초로 제시하였다.

(Chi 등, 2007; 송정현 등, 2009)은 KOMPSAT-2의 전정색 영상과 다중분광영상에 대해 대리 검보정 기법을 적용하여 절대 복사보정보정 계수를 산출해냈다.

항공우주연구원에서는 지속적인 우주개발사업에 따라 증가하는 지구관측위성 영상의 절대 복사보정의 중요성을 인식하고 복사보정의 효율성을 높이기 위해 해외에 검보정 장소를 마련했고, 미국 및 유럽의 검보정 담당 기관과의 협력 체계를 갖추어 기초적인 영상 검보정 기술 능력을 향상시키고 있다. 비교적 최근에 발사된 KOMPSAT-3/3A 위성영상은 한국, 몽골, 호주에 마련된 검보정 장소에서 측정된 반사율을 토대로 절대 복사보정이 이루어졌으며, 보다 정확한 복사휘도를 추정하기 위해서 대기자료 및 센서 반응도 등에 대하여 개선된 입력 파라미터를 사용하여 절대복사보정계수를 제시했다(Yeom 등, 2016; Ahn 등, 2016).

나) 절대 대기보정 기술

원격탐사에서 초분광영상(hyperspectral image)과 해색영상(ocean color image)은 대기보정 처리가 반드시 필요하다. 따라서 초분광영상이 도입된 2000년대 초반부터 국내에 대기보정 기술이 도입되었고, 최초의 위성초분광영상인 Hyperion 영상을 대상으로 절대대기보정 기법이 개발되었다(Kim 등, 2007).

(Huan 등, 2007)은 MODTRAN 복사전달모델을 이용한 대기보정 처리 방법을 개발했다. 이때, 복잡한 대기보정 연산 시간을 단축하기 위하여 주어진 대기조건, 파장밴드, 태양 및 촬영각도를 달리하는 가능한 모든 조합의 화소값(DN)을 반사율로 미리 계산하여 조건표(look up table, LUT)를 제작하고, 이를 이용하여 대기보정이 신속하게 처리되는 기법을 적용한 초분광영상 처리 프로그램인 HyView를 개발했다.

2010년에 발사된 우리나라의 정지궤도 해색위성센서인 GOCI(geostationary ocean color imager)영상 처리에서 가장 중요한 처리 기술 중 하나로 대기보정 기술을 꼽을 수 있다. 해양위성센터 대기보정팀에서는 해양 부분에 대한 절대대기보정 기술을 개발하여 반사율영상을 산출물로 공급하고 있으며, 인하대학교에서는 육상 부분에 대한 절대대기보정 기술을 개발했다(이서영 등, 2017). GOCI영상은 낮 시간동안 하루에 8회 촬영되는 데, 각각의 시간별 영상을 대기보정 처리하고 더 나아가 시간별 영상을 합성하여 구름이 최소화되고 촬영각의 차이를 정류화한 합성 영상

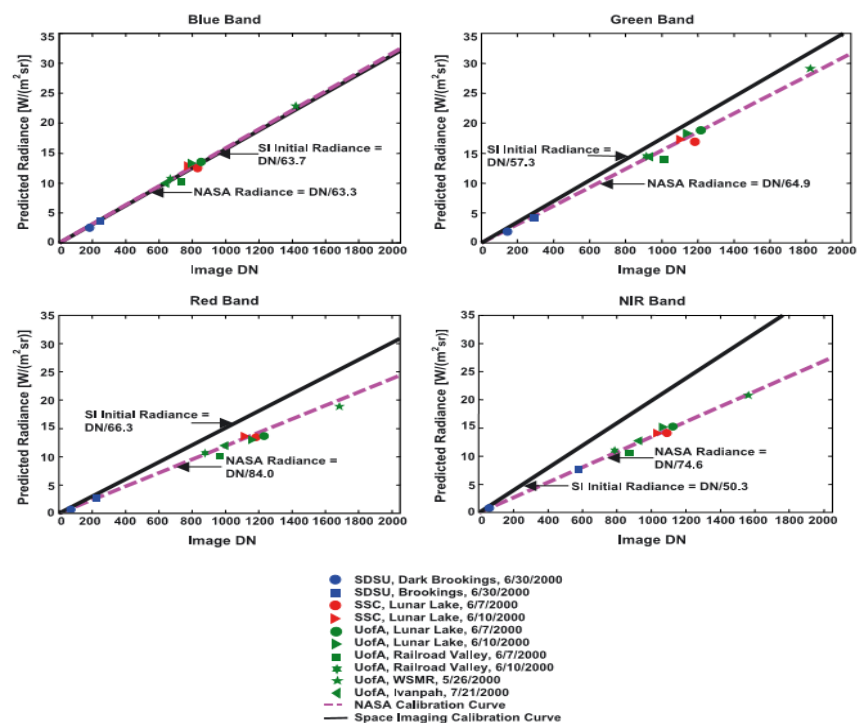
제작 기법을 개발하였다.

(이기원 등, 2019a)는 OTB(Orfeo Tool Box) 내 KOMPSAT-3A 처리 모듈을 직접 개발한 다음, 해당 도구에서 제공하는 대기보정 처리 기능과 AERONET 자료와 같은 대기 에어로졸 정보를 이용하여 표면반사를 영상을 제작하는 실험을 진행했다. 또한 RadCalNet 자료와 정확도를 비교하는 실험을 수행하여 약 0.02의 차이를 갖는 높은 일치도를 확인했다(이기원 등, 2020).

4) 해외 대기보정 기술 현황

가) 고해상도 위성영상의 절대복사보정계수

상업용 고해상도 위성의 경우, 정량적인 속성정보 획득에 영상의 광학적 품질이 적합하다는 점을 보여주기 위해서 절대복사보정계수의 제공이 필요했다. 따라서 초기의 고해상도 위성인 IKONOS 영상부터 절대복사보정계수 산출을 위한 노력이 꾸준히 시도 되었다(Pagnuttia 등, 2003). 그림 3-12는 대리검보정(vicarious radiometric calibration) 방법에 의하여 IKONOS 영상의 절대복사보정계수를 산출한 결과를 보여준다.



<그림 3-12> IKONOS 영상의 대리검보정을 통한 절대복사보정계수 산출

위성영상의 절대복사보정은 균질한 특성을 갖는 지표물에서 측정한 반사율을 토대로 센서에

서 감지되는 복사휘도를 추정한 후, 영상의 화소값(DN)과의 관계식을 구하는 대리검보정(vacarious calibration) 방법이 주로 이용된다. 그러나 센서에서 감지되는 복사휘도 추정을 위해서는 정확한 대기자료를 필요로 하고 대기복사전달 모형에서 많은 입력 변수에 따라 추정의 정확도가 좌우되는 단점이 있다. IKONOS영상의 절대복사보정의 다른 접근으로 복사휘도가 안정적인 외계의 별을 촬영하여 영상의 화소값과 비교하는 방법도 제시되었다(Bowen, 2002).

IKONOS 이후 발사된 여러 종류의 상업용 고해상도 위성영상은 영상의 화소값(DN) 센서의 촬영 조건에 따라 다르게 나타나며 다른 센서에서 촬영된 영상의 신호값과 직접적으로 관련이 없는 한계를 명확하게 밝히고 있다. 결국 센서에서 감지되는 복사휘도가 의미있는 영상의 신호값이며, 이를 얻기 위한 절대복사보정계수를 지속적으로 산출하여 갱신하고, 정보를 제공하고 있다. 표 3-6은 최근에 공개된 고해상도 위성영상의 절대복사보정계수를 보여주고 있다.

<표 3-6> MAXAR에서 제공하는 절대복사보정계수 현황(2018년 기준)

Sensor	WorldView-3		WorldView-2		GeoEye-1		WorldView-1	
Cal Version	2018V0						2016V0.Int	
Band	GAIN	OFFSET	GAIN	OFFSET	GAIN	OFFSET	GAIN	OFFSET
PAN	0.955	-5.505	0.949	-5.523	1.001	0.000	1.016	-1.824
Coastal	0.938	-13.099	1.203	-11.839				
Blue	0.946	-9.409	1.002	-9.835	1.041	0.000		
Green	0.958	-7.771	0.953	-7.218	0.972	0.000		
Yellow	0.979	-5.489	0.946	-5.675				
Red	0.969	-4.579	0.955	-5.046	0.979	0.000		
RedEdge	1.027	-5.552	0.980	-6.114				
NIR1	0.977	-6.508	0.966	-5.096	0.951	0.000		
NIR2	1.007	-3.699	1.010	-4.059				
SWIR1	1.030	0.000						
SWIR2	1.052	0.000						
SWIR3	0.992	0.000						
SWIR4	1.014	0.000						
SWIR5	1.012	0.000						
SWIR6	1.082	0.000						
SWIR7	1.056	0.000						
SWIR8	1.101	0.000						

나) 고해상도 위성영상의 절대 대기보정 기술

해색 분야를 제외하고 육지 영상에 대기보정이 중요한 처리과정으로 등장한 것은 초분광영상에서 출발했다. 1980년대 후반부터 실험적으로 촬영된 NASA의 항공초분광센서인 AVIRIS로 촬영된 영상을 처리하기 위한 첫 번째 단계로 대기보정 기술이 개발되었다. 특히 AVIRIS영상의 주요 활용 분야로 꼽는 지질 탐사에서 좁은 파장 구간에서 나타나는 암석 및 광물의 분광반사 특징을 탐지하기 위해서는 대기보정을 통한 정확한 반사율을 얻어야 했다. 현재 세계적으로 사용되고 있는 상업용 대기보정 소프트웨어의 대부분이 초분광영상 처리를 위한 대기보정 모듈로부터 출발하여, 차츰 그 범위를 고해상도 및 중해상도 다중분광영상까지 확장해 가고 있다.

고해상도 위성영상의 대기보정은 기존의 초분광영상에서 적용했던 복사전달모델 기반의 절대 대기보정의 방법을 그대로 적용하였다. 현재 절대 대기보정 방법은 사용하는 복사전달모델이나 입력 변수의 요구도에 따라 다소 차이가 있지만, 대기보정 결과는 주로 입력 변수의 정확도와 적절성에 크게 좌우된다(이규성, 2019). 위성영상을 이용하여 식물의 생육 상태를 나타내는 생물리학적 인자인 엽면적지수(leaf area index, LAI)를 추정하는 데 있어서 대기보정은 필수적인 과정이다. LAI와 같은 정량적 속성정보 추정을 위한 위성영상(RapidEye) 대기보정 과정에서 여러 입력변수 중 ‘가시거리(visibility)’가 가장 큰 영향을 미치는 걸로 보고되었다(Mannschatz 등, 2014). 가시거리는 대기 에어로졸 농도를 나타내는 인자로서, 영상 촬영시점의 정확한 에어로졸 농도값을 얻기 어렵기 때문에 이를 간접적으로 추정하기 위하여 가시거리를 사용한다. 이와 같이 절대 대기보정에 있어서 입력되는 파라미터의 값을 정확하고 효율적으로 얻을 수 있는 방법에 관심 사항이다.

USGS의 Landsat-7 영상은 NASA에서 개발한 LEDAPS(Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System)을 통해 오존, 수증기 등의 대기 요소에 대한 보정을 수행하여 표면반사율 영상을 생성하며, 에어로졸 보정은 MODIS를 통해 생성된 보조자료를 이용한다. 또한 Landsat-8 영상은 NASA GSFC(Goddard Space Flight Center)에서 개발한 Land Surface Reflectance Code(LaSRC) 알고리즘을 사용하여 표면반사율 영상을 생성하여 제공하고 있다.

ESA의 Sentinel-2 영상은 (Louis 등, 2016)이 개발한 Sen2Cor 기법을 이용하여 cirrus, 에어로졸을 포함한 대기효과 및 지형 효과를 보정하고, 이를 통해 표면반사율 영상을 생성하여 제공하고 있다.

다) 상대 대기보정 기술

고해상도 위성영상과 같이 비교적 좁은 지역을 포함하는 영상에서는 영상과 시공간적을 일치하는 대기자료를 얻기가 쉽지 않은 것을 고려하여, 별도의 입력자료 없이 영상에서 직접 대기보정과 관련된 입력인자 값을 추정하여 대기보정하는 상대 대기보정 기법의 연구개발이 꾸준히 이뤄지고 있다. 영상기반 대기보정(image-based atmospheric correction)은 영상에서 대기신호(path radiance) 및 대기투과율 등을 간접적으로 추정하는 기법으로 Landsat영상을 비롯하여 오래전부터 시도되어 왔다. 영상기반 대기보정 기법은 1) dark object subtraction technique (DOS), 2) the cosine approximation model (COST), 3) apparent reflectance model (AR) 등이 있는데, 최근에는 이러한 대기보정 방법이 고해상도 영상(Quickbird)에도 적용될 수 있음이 보고되었다(Wu 등, 2005). 또한 시계열 IKONOS영상을 분석하기 위한 상대 대기보정 방법으로 시계열 영상에서 확인할 수 있는 불변성지표물(invariant target)을 이용하여 반사율을 추정하는 방법이 시도되기도 한다(Karpouzli 등, 2001).

라) 대기보정 소프트웨어

전자광학영상의 대기보정이 중요한 처리 과정으로 인식되면서 여러 종류의 대기보정 S/W 개발되었고, 현재는 여러 종류의 상업용 SW와 오픈소스가 사용되고 있다. 대기보정 소프트웨어는 대부분 초분광영상 처리를 위한 모듈로 개발되었고, 차츰 다중분광영상 및 고해상도 영상으로 적용의 폭을 확대하고 있다. 표 3-7은 지금까지 광학영상 대기보정을 위하여 개발된 S/W의 종류와 특징을 보여주고 있다. 상업용 대기보정 S/W는 주로 초분광영상을 위하여 개발되었으나, 최근 활용이 확대되고 있는 고해상도 위성영상에도 사용되고 있다. 영상의 종류에 따라 각각의 대기보정 S/W의 효율성을 비교하는 연구가 보고되었다(Rani 등, 2007; Manakos 등, 2011).

<표 3-7> 대기보정 처리용 S/W 종류 및 특성

S/W	주 적용 영상	개발주체	복사전달모델	특징
ATREM	AVIRIS	Univ.of Colorado (Gao 등, 1993; CSES, 1999)	6S	<ul style="list-style-type: none"> 초분광영상 밴드 (0.94, 1.13 μm) 에서 대기 수증기량 추정 더 이상 제공되지 않음
ACORN	AVIRIS Landsat TM, ETM+	AIG (2001)	MODTRAN 4	<ul style="list-style-type: none"> 상업용 대기수증기, 에어로졸 자료를 AVIRIS영상에서 추출
ATCOR	항공초분광영상 Ikonos, OrbView, Pleiades, WorldView, RapidEye, Landsat OLI 등	German Aerospace Center (DLR)	MODTRAN 5	<ul style="list-style-type: none"> 상업용 영상처리 S/W에 포함 (PCI Geomatica) small and wide FOV airborne optical and thermal scanner data
FLAASH	항공초분광영상 (HyMAP, AVIRIS, HYDICE, CASI, ASTER, IRS, Landsat, RapidEye, and SPOT)	미 공군 Spectral Sciences, Inc (SSI) (Adler-Golden 등, 1999)	MODTRAN 4	<ul style="list-style-type: none"> 상업용 영상처리 S/W에 포함 (ENVI) 인접 화소의 영향 보정 사 각 촬 영 (off-nadir viewing) 영상에 적용
ARCSI	Landsat, SPOT, Sentinel-2, Rapideye, WorldView, Pleiades	(Bunting, 2018)	6S	<ul style="list-style-type: none"> 오픈소스도구 Python 환경에서 구동하는 명령어 입력 처리 방식 대기보정변수를 자동으로 처리함
FORCE	Landsat	(Frantz 등, 2018)	-	<ul style="list-style-type: none"> 오픈소스도구 MODIS 영상정보를 이용한 수증기량을 적용하여 Landsat ARD를 제작

Sen2Cor	Sentinel-2, Landsat-8	(Louis 등, 2016)	-	<ul style="list-style-type: none"> • 오픈소스도구에 플러그인 형식으로 포함됨 (SNAP) • 대기효과 및 지형효과를 보정하여 표면반사율 영상을 생성함
OTB	QuickBird, IKONOS, WorldView2, Formosat, Pleiades, Spot5~7	(Grizonnet 등, 2017)	6s	<ul style="list-style-type: none"> • 오픈소스도구 • 대기보정에 필요한 보조자료 정보를 사용자가 직접 입력할 수 있음 • GUI를 제공함
EFFORT	Empirical Flat Field Optimal Reflectance Transformation	(Boardman, 1998).	-	<ul style="list-style-type: none"> • ACORN, FLAASH로 산출된 반사율 중 이상값을 제거하여 깨끗한 분광반사곡선을 생성
QUAC	항공초분광영상 IKONOS, QuickBird Landsat TM, MASTER, MODIS	Spectral Sciences, Inc.	영상기반 상대대기보정	<ul style="list-style-type: none"> • 최저반사율물체(DOS)를 이용한 상대 대기보정 방법과 유사

5) 시사점

대기보정은 영상의 화소값에서 지표물의 특성이 반영된 실제 신호값인 표면반사율로 변환하는 처리과정으로, 그 동안 고해상도 광학 영상에는 자주 적용되는 처리가 아니었다. 국내에서는 고해상도 위성영상에 대기보정이 처리된 사례가 많지 않고, 대기보정 결과 또한 안정적이고 신뢰도 있는 연구가 많이 진행되지는 않았다. 이는 대기보정의 첫 번째 단계인 절대복사보정계수의 부정확성과 복사전달모델에 요구되는 많은 입력인자의 최적화 부족한 것이 원인인 것으로 판단된다.

최근 국내에서도 고해상도 위성영상의 대기보정 기술 개발이 시도되고 있으며, 과거 중저해상도 위성영상에 대해 높은 정확도로 대기보정 알고리즘을 개발하고, 이를 소프트웨어로 구현한 경험을 갖추고 있다. 따라서 고해상도 위성영상의 대기보정 기술의 국산화도 가능할 것으로 판단된다.

다만 국외 위성에 비해 고해상도 위성영상의 대기보정에 적합한 검보정 사이트의 구축이 미비하고, 고해상도 위성영상의 절대복사보정계수의 지속적 갱신을 위한 방안이 아직 체계적으로 마련되지 않은 상태이기 때문에, 국내 위성 운영 현황에 맞춘 대기보정 기술 개발 전략이 필요하다.

국외에서는 CEOS에서 제시하는 ARD 체계 구축 사업이 다수 진행되면서, 대부분의 위성영상 산출물로 대기보정이 완료된 위성영상을 제공하고 있다. 또한 중저해상도에서 고해상도까지 다양한 위성영상을 대상으로하는 대기보정 소프트웨어가 상용 및 오픈소스로 제공되고 있다. 대다수의 대기보정 소프트웨어는 영상의 모든 화소에 대해 표면반사율을 얻는 과정을 효율적으로 처리하기 위해서 조건표(LUT)를 사전에 구축하여 이용하는 방법을 채택 중이다.

아래 표 3-8은 앞서 조사한 대기보정 관련 국내외 기술 현황을 정리한 내용이다.

<표 3-8> 대기보정 관련 국내외 기술 현황

분류	국내	해외
절대복사보정	<ul style="list-style-type: none"> 항공우주연구원에서 KOMPSAT 3호 영상부터 절대방사보정계수를 제공하고 있으나, 보정계수의 정확도에 대한 검증이 미흡 발사 후 센서상태가 변화됨에 따라 주기적인 보정계수 갱신이 이루어지지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> 영상 공급자에 의하여 주기적으로 갱신된 보정계수를 제공하고 있음
절대/상대 대기보정	<ul style="list-style-type: none"> 국내에 초분광영상이 도입된 2000년대 초반부터 대기보정 기술이 도입 최초의 위성초분광영상인 Hyperion 영상을 대상으로 절대대기보정 기법이 개발 하였고 조건표(look up table) 방식의 SW 개발 사례가 존재 	<ul style="list-style-type: none"> 80년대 후반부터 NASA의 항공초분광센서인 AVIRIS로 촬영된 영상을 처리하기 위한 첫 번째 단계로 대기보정 기술 개발이 시작됨
고해상도 영상 대기보정 적용사례	<ul style="list-style-type: none"> 국내에서도 고해상도 위성영상에 대한 대기보정의 필요성은 꾸준히 대두되고 있지만, 고해상도 위성영상에 적합한 대기보정 기술의 연구개발은 초기 단계임 고해상도 위성영상의 촬영 특성을 고려한 대기보정 기술 개발 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 현재 세계적으로 사용되고 있는 상업용 대기보정 소프트웨어의 대부분이 초분광영상 처리를 위한 대기보정 모듈로부터 출발하여, 차츰 그 범위를 고해상도 및 중해상도 다중분광영상까지 적용이 가능

6) 발전전망

대기보정의 정확도는 신뢰할 수 있는 복사휘도에 의존하므로, 정확한 절대복사보정계수를 주기적으로 확보하기 위한 노력이 계속될 것으로 보인다. 국내에서도 이를 위한 검보정 사이트의 구축 연구가 활발히 진행될 것으로 예상된다.

국토관측 광학위성 영상의 대기보정에서 가장 중요한 요소는 시공간적으로 변화가 심한 에어로졸 및 수증기 자료를 확보하는 것이다. 특히 고해상도 위성영상에서 에어로졸과 수증기 자료를 직접 추출하기 위한 노력이 지속될 것으로 보이며, 시간해상도가 높은 저해상도 위성영상에서 추출된 AOT 및 수증기 자료를 고해상도 위성영상에 적용하는 현실적인 방법의 개발이 요구될 것으로 판단된다.

향후에 국토관측 위성영상의 대기보정이 필수적인 처리과정으로 발전하면 에어로졸 및 수증기 자료를 추출할 수 있는 별도의 파장밴드를 포함하는 센서 개발이 이뤄질 것으로 기대된다.

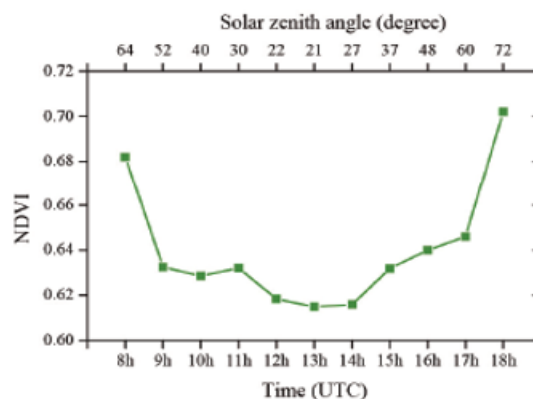
라. BRDF 기술 현황 분석

1) BRDF 기술의 정의

대기보정을 통한 표면반사율 영상은 지표면이 완전난반사면이라는 가정에서 얻어지는 값이다. 그러나, 동일 지표면을 촬영하더라도 태양의 위치와 센서의 관측각에 따라 표면반사율이 다르게 나타나는 비등방성(anisotropy) 효과가 발생한다. 그림 3-13은 시간별 태양각 변화와 이방성 효과로 인해 변화하는 NDVI의 현상을 그래프로 보여준다.

BRDF는 양방향 반사 분포함수로, 크게 이론적 모델(Theoretical Model)과 경험적 모델(Empirical Model)로 구분한다. 이론적 모델은 계산시간이 오래 걸리며, 이론적 모델은 다수의 관측 보조자료가 필요하다는 단점이 있다. 원격탐사 분야에서는 대부분 반 경험적 모델(Semi-Empirical Model)을 주로 사용한다.

BRDF 보정은 대기보정된 표면반사율에 남아있는 이방성 효과를 제거 또는 균등화하여 지표면의 특성만을 나타내는 순수 표면반사율을 추출하는 과정이다. (Abelleyraa 등, 2014; Yeom 등, 2005) BRDF 보정을 위해서는 동일 지점에 대하여 태양각과 관측각을 달리하여 얻어진 3개 이상의 반사율 값이 필요하다(이규성, 2019).



<그림 3-13> 시간별 태양각 변화와 이방성 효과로 인해 변화하는 NDVI (Lee and Lee, 2014)

2) 국내 BRDF 기술 현황

(Lee 등, 2013)은 극궤도 위성인 SPOT/VGT를 대상으로 반 경험적 BRDF 모델을 비교하였다. 정지궤도 위성으로는 (Min 등, 2010)이 GOCI를 대상으로 해수의 고유광특성(Inherent Optical Property, IOP)값을 이용한 BRDF 보정 방법을 제시하였고, (Lee 등, 2020)은 기상위성 GK-2A를 대상으로 BRDF 모델링 방안 및 연구 결과를 제시하였다.

3) 해외 BRDF 기술 현황

1979년 Kriebel은 BRDF (Bidirectional Reflectance Factor)를 이용하여 식생 알베도를 산출하였고. (Ranson 등, 1991)과 (Starks 등, 1991)은 다각도 반사도 관측자료를 이용하여 분광 알베도 산출의 원형 알고리즘을 제시하였다.

최근 주로 사용되는 BRDF의 핵심기술은 Ross-Li BRDF 반 경험적 모델(Lucht 등, 2000; Roujean 등, 1992)을 바탕으로 하고 있으며, BRDF 반 경험적 모델은 식 (3)과 같다.

$$\rho(\theta_s, \theta_v, \phi) = k_0 + k_1 f_1(\theta_s, \theta_v, \phi) + k_2 f_2(\theta_s, \theta_v, \phi) \quad \text{식 (3)}$$

- ρ : 위성에서 관측한 지표 반사도
- θ_s : 태양각
- θ_v : 관측각
- k_0, k_1, k_2 : BRDF 가중치
- f_1, f_2 : 물리적 커널(physical kernels)
- ϕ : 태양과 위성 센서 간의 상대방위각(relative azimuth angle)

4) 시사점

일반적인 대기보정을 통한 표면반사율은 태양 및 센서의 위치에 따라 차이가 발생하므로 지표물의 유일한 절대적 신호값으로 사용이 불가능하다. 일관된 표면반사율을 제공하기 위해서는 BRDF 보정을 통해 표면반사율을 정규화하는 과정이 필요하다. BRDF 보정을 위해서는 동일 지점에 대하여 태양각과 관측각을 달리하여 얻어진 3개 이상의 반사율 값이 필요하나, 해당 조건을 충족하는 영상은 대부분 MODIS, GOCI와 같은 정지궤도 위성이다. 고해상도 및 중해상도 위성영상의 경우 대부분 연직 방향으로 촬영하며, 주기가 길기 때문에 BRDF 보정을 위한 영상 획득이 매우 어렵다는 한계가 있다. 따라서 다른 위성 자료를 이용하여 논, 밭, 산림, 나지, 개발지 등의 주요 지표물에 대한 BRDF 특성을 통하여 보정하는 방법의 개발이 필요하다(이규성, 2019). 농림위성 지상국에서 BRDF 보정 기술개발이 진행되고 있는 점을 감안하여 협력 관계 구축을 고려할 수 있다.

5) 발전전망

극궤도 및 정지궤도 위성을 이용한 지표면 BRDF 산출 알고리즘은 많은 연구를 통해 상당히 발전된 상태이다. 최근에는 주기가 짧은 위성이 등장하고 있어, 동일 지역에 대해 청천 영상 확보가 가능하면 일반 중해상도 및 고해상도 위성에서도 BRDF 모델 수립 및 보정이 가능할 것으로 기대된다. 영상 확보가 어려운 경우에는 다른 정지궤도 위성 기반의 선행 연구 자료를 바탕으로 주요 지표물에 대한 BRDF 특성을 보조자료로 활용하여 국토위성영상의 BRDF 보정을 수행하는 방안도 고려할 필요가 있다.

마. 픽셀단위정보 생성 기술 현황 분석

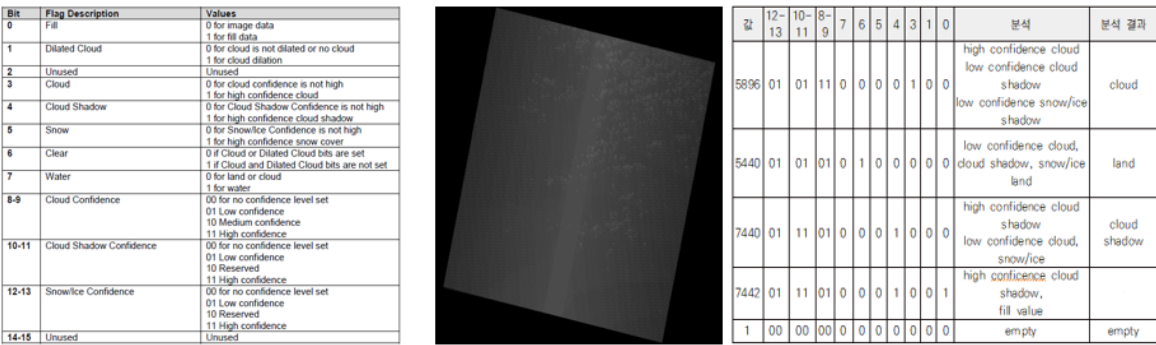
1) 픽셀단위정보 생성 기술의 정의

픽셀단위정보는 위성영상에 포함된 다양한 품질속성 정보를 항목별로 분류해 각 픽셀 단위로 표현된 형태를 일컫는다. CARD4L에서 정의한 픽셀별 메타정보로는 구름, 구름그림자, 수계, 눈/얼음, 지형그림자 등 총 13개의 품질 속성 항목이 있으며, 각 항목별 최소 요구사항 및 목표 요구사항을 제시하고 있다.

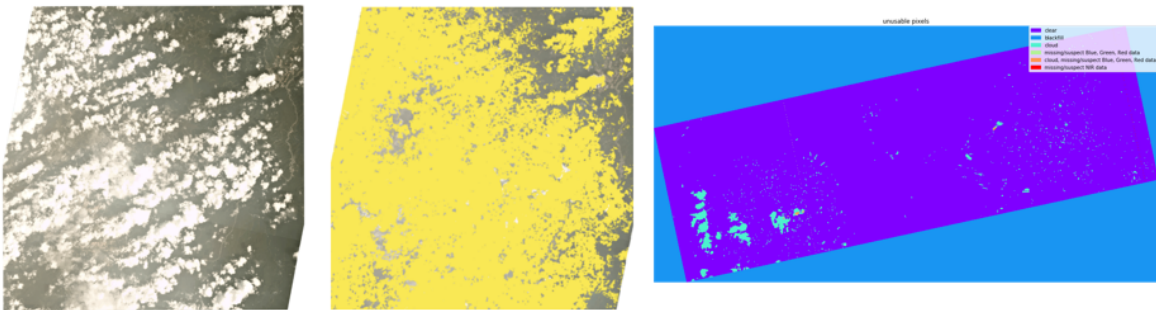
픽셀단위정보를 생성하여 제공하는 대표적인 위성으로는 USGS Landsat과 Planet이 있다.

USGS Landsat은 픽셀단위정보를 5개의 QA밴드 형태로 제공한다. QA_PIXEL 밴드는 하나의 화소를 여러 비트로 구분하여 각 비트마다 정해진 픽셀단위정보를 입력하여 만들어진 정보이고, 나머지 QA밴드는 특정 품질속성에 대한 신뢰도 정보가 포함되어 있다(그림 3-14). USGS에서는 QA밴드에서 특정 품질 속성 정보를 추출하기 위해 별도의 변환 프로그램을 제공한다.

Planet은 픽셀단위정보를 1개의 TIF 파일에 여러 개의 밴드가 포함된 형태로 제공한다. 각 밴드는 품질속성 항목별 이진화된 픽셀단위정보가 포함되어 있으며, 특정 품질 속성에 대한 신뢰도는 별도의 메타데이터를 통해 제공한다(그림 3-15).



<그림 3-14> USGS Landsat ARD의 QA밴드 정보
QA 밴드 비트 속성(왼쪽), QA밴드 영상(중간) 및 픽셀값 분석 결과(오른쪽)



<그림 3-15> PlanetScope 위성영상(왼쪽), UDM2 구름 마스크(중간), UDM2 시각화 샘플(오른쪽)

2) 국내·외 픽셀단위정보 항목별 탐지 기술 개발 현황

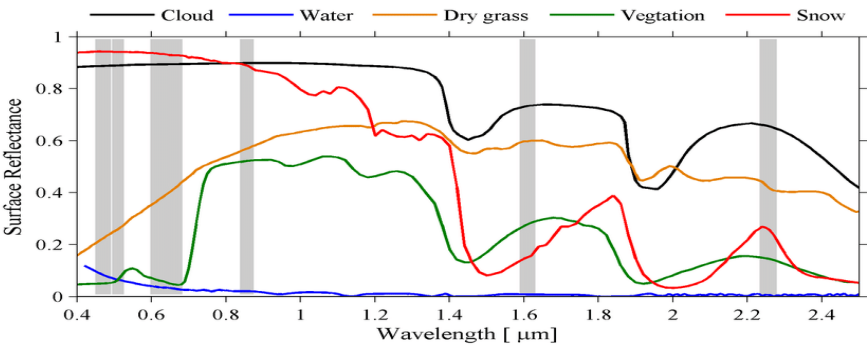
픽셀단위정보는 구름, 구름그림자, 수계, 눈/얼음, 지형그림자, 지형폐색, 에어로졸광학두께 항목으로 구성되어 있다. 각 항목을 탐지하기 위한 기초기술의 국내외 연구개발 현황을 아래와 같이 분석하였다.

가) 구름 및 구름그림자 탐지 기술 개발 현황

구름 탐지는 위성영상에 존재하는 구름 영역을 탐지하는 것을 의미한다. 구름그림자 탐지는 위성영상 내 구름 주변에 발생하는 그림자 영역을 탐지하는 것을 의미한다. 구름 및 구름그림자 영역이 탐지되면 사용자에게 위성영상의 각 픽셀 단위별 구름, 구름그림자, 청천 정보 제공이 가능해진다. 위성영상 내 구름 및 구름그림자 영역은 사용자가 국토를 관측함에 있어 주요 장애 요인으로 작용한다. 따라서 사용자가 별도의 분석 절차 없이도 비관심 영역으로 분류하기 위해서는 구름 및 구름그림자 탐지가 필수적이라 할 수 있다.

(1) Spectral Threshold 기법

구름은 일반적으로 가시광선(VIS), 근적외선(NIR), 및 단파적외선(SWIR) 파장 대역에서 높은 반사율 특성 및 지구 표면보다 온도가 낮은 특성을 갖는다. 이러한 분광반사율 특성을 이용한 Spectral Threshold 방법은 구름 탐지에 간단하고 효과적인 방법을 제공한다. Spectral Threshold 방법은 대부분의 위성에 적용 가능하기 때문에 가장 널리 사용되고 있으며 신뢰할 수 있는 접근 방식으로 간주된다(Wang 등, 2019). 그러나 SWIR 밴드가 없는 위성은 구름뿐만 아니라 눈/얼음이나 모래, 높은 반사율을 갖는 인공구조물 등이 분류되지 못하고 함께 식별된다. 그림 3-16은 주요 표면의 파장별 분광 특성을 나타낸다.



	Blue	Green	Red	NIR	SWIR	Thermal
μm	0.45 ~ 0.52	0.52 ~ 0.60	0.63 ~ 0.69	0.75 ~ 1.0	1.55 ~ 2.35	10.4 ~ 12.5

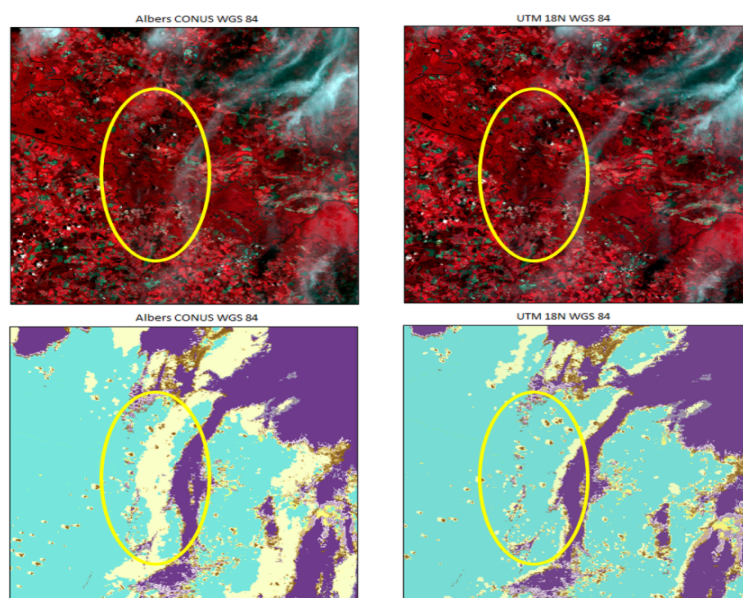
<그림 3-16> 주요 표면의 파장별 분광특성(Zhuge 등, 2017)

(2) GK-2A 위성의 구름 탐지 알고리즘

국내 국가기상위성센터 차세대위성개발팀은 기상위성 GK-2A로부터 반사도와 휘도 온도를 임계값과 비교하여 구름 영역을 탐지하는 알고리즘을 개발하였으며, 구름, 구름확률높음, 청천의 단계로 구분되는 구름의 정보와 적용된 15개 알고리즘에 대한 테스트 결과를 제공하였다(양이석 등, 2019).

(3) CFMask 알고리즘

Landsat-7/8 위성 및 Sentinel-2 위성에 적용가능한 CFMask 알고리즘은 보스턴 대학에서 구름탐지를 위해 개발한 matlab 기반의 FMask 알고리즘을 USGS EROS에서 C언어 기반의 오픈소스로 제작한 알고리즘이다. USGS에서 제시한 논문에 의하면, Landsat 위성에서 사용되는 다양한 구름 탐지 알고리즘을 비교 검증한 결과, CFMask 알고리즘의 정확도가 가장 좋다는 결론을 제시하고, CFMask 알고리즘에 대한 주요 정보를 제공한다(Foga 등, 2017). CFMask 알고리즘은 SWIR 및 Thermal Data를 기반으로 실행된다. Sentinel-2 위성은 Thermal Data가 없어 구름 및 구름그림자 탐지 성능이 Landsat 위성에서 비해 다소 떨어진다. Landsat 위성은 CFMask 알고리즘을 통해 구름 및 구름그림자 영역에 대한 정보와 신뢰도(confidence) 정보를 품질속성 밴드로 제공한다. 이와 별개로 구름그림자 탐지 성능 향상을 위해 DEM을 이용한 구름그림자 탐지 연구를 수행하고 있다. 그림 3-17은 CFMask 알고리즘을 적용한 구름 탐지 기법 적용 결과를 원본영상과 비교하여 보여준다.



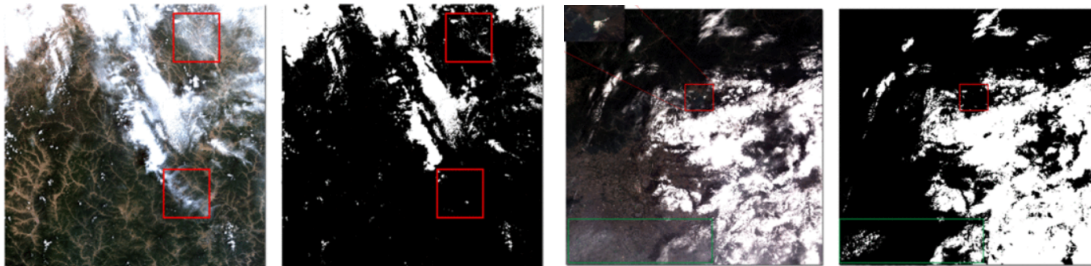
<그림 3-17> Landsat에서 CFMask 알고리즘을 통해 탐지된 구름 및 구름그림자의 이동에 의한 효과

(4) Sen2Cor 기법

Sentinel-2 위성은 Thermal Data가 없는 Sentinel 위성의 한계로 구름 및 구름그림자 추출을 위한 CFMask 알고리즘의 제 성능이 발휘되지 못한다. 때문에 Sentinel 위성
에 최적화된 구름 탐지를 위한 Sen2Cor 기법을 개발하여 SNAP의 Plug-In 형태로 제
공하고 있다(ESA, 2021b).

(5) OCM (Object Oriented Cloud-Shadow Matching) 기법

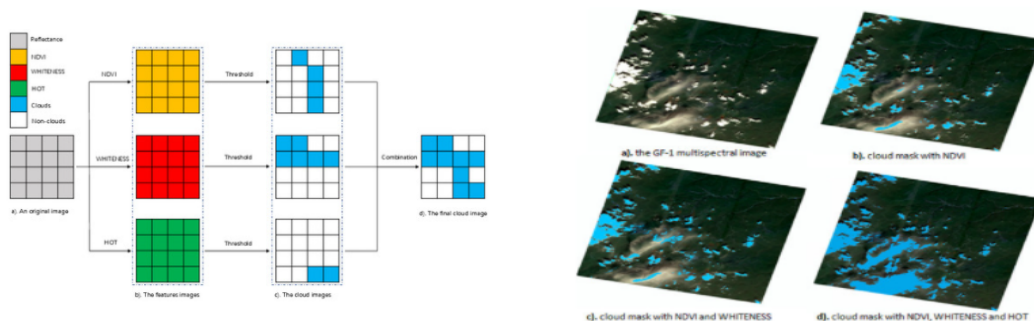
중국의 환경 보호 및 재난 모니터링 위성인 HJ-1은 30m급 공간해상도 및 Red,
Green, NIR 밴드로 구성되어 있다. 해당 위성에 적용된 OCM 기법은 HJ-1 위성과 같
은 분광해상도 사양에서 구름 및 구름그림자를 자동으로 탐지하는 알고리즘이다(Zhong
등, 2017) 아래의 그림 3-18은 OCM 알고리즘을 적용한 구름 탐지 결과를 보여준다.



<그림 3-18> OCM 알고리즘 기반 구름영역 탐지 결과 - 산지(왼쪽) 및 도심지(오른쪽)

(6) HMF (Hybrid Multispectral Features) 기법

중국의 고해상도 위성영상인 GF-1은 Pan-chromatic 8m, 다중분광 16m급 공간해
상도 및 Red, Green, NIR 밴드로 구성되어 있다. 해당 위성에 적용된 HMF 기법은
NDVI, Whiteness 및 HOT (Haze-Optimized Transformation) 기능을 결합하여 구
름영역을 탐지하는 알고리즘이다(Xiong 등, 2020). 그림 3-19는 HMF 알고리즘 처리
과정 및 HMF 알고리즘을 적용한 구름 탐지 결과를 보여준다.



<그림 3-19> HMF 알고리즘의 원리(왼쪽) 및 구름영역 탐지 결과(오른쪽)

나) 수계 탐지 기술 개발 현황

수계 탐지는 위성영상에 존재하는 수계 영역을 탐지한다. 위성영상 내 수계 영역은 사용자가 국토를 관측하는 목적에 따라 관심 영역 또는 비관심 영역으로 분류될 수 있다.

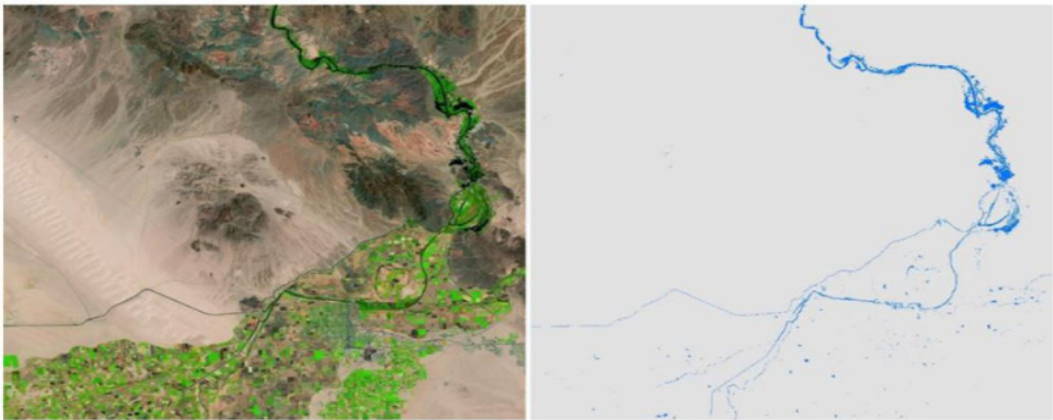
(1) NDWI

물이 특정 파장대에서 갖는 분광 특성을 이용하여 정규화된 물 지수(Normalized Difference Water Index, NDWI)를 활용하면 수계영역을 추출할 수 있다. NDWI는 2가지가 있는데, 1996년 Gao가 제안한 NIR 및 SWIR 밴드를 이용한 방법(Gao 등, 1996)과 동년 McFeeters가 제안한 Green 및 NIR 밴드를 이용한 방법(McFeeters 등, 1996)이 있다(표 3-9). NDWI는 수계뿐만 아니라 구름, 눈/얼음 등이 함께 식별될 수 있으므로, 다른 알고리즘과 복합적으로 활용하는 방식을 통해 정확도 향상을 기대할 수 있다.

<표 3-9> Gao가 제안한 NDWI (왼쪽) 및 McFeeters가 제안한 NDWI (오른쪽)	
Gao 제안 수식	McFeeters 제안 수식
$NDWI = \frac{(X_{NIR} - X_{SWIR})}{(X_{NIR} + X_{SWIR})}$	$NDWI = \frac{(X_{GREEN} - X_{NIR})}{(X_{GREEN} + X_{NIR})}$

(2) DSWE 알고리즘

Landsat 위성은 DSWE 알고리즘을 개발하여 수계 픽셀단위 정보를 제공하고 있다. DSWE 알고리즘은 Landsat 위성에서 감지된 Blue, Green, Red, NIR, SWIR1, SWIR2 밴드를 종합적으로 사용하며, NDWI 정규화 연산 및 각 분광해상도별 임계값 적용을 통해 수계 영역을 추출한다. 뿐만 아니라, 고도 자료 및 태양의 방위각, 고도각을 이용한 경사면 정보 등 보조자료를 활용하여 수계 탐지 및 추출 성능을 향상시킨다(Dittmeier 등, 2018). 그림 3-20은 Landsat 위성영상을 이용하여 DSWE 알고리즘 적용을 통해 수계 영역 마스크를 추출한 결과를 보여준다.



<그림 3-20> Landsat SWIR-NIR-Red 합성영상(왼쪽) 및 수계 영역 마스크(오른쪽)

다) 눈/얼음 탐지 기술 개발 현황

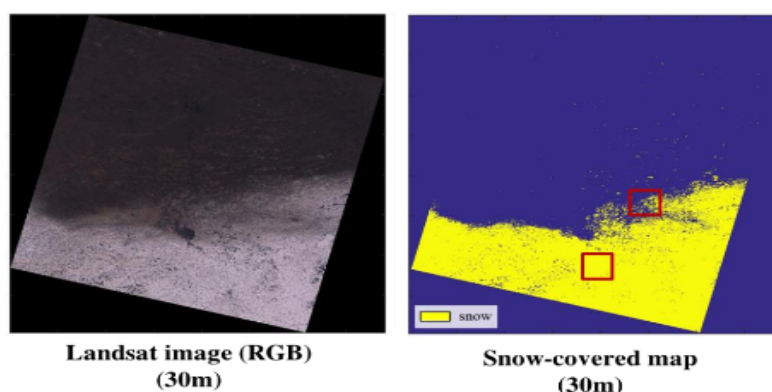
눈/얼음 탐지는 위성영상에 존재하는 눈/얼음을 탐지한다. 눈/얼음은 주로 계절적, 지형적 요인 등 특정 조건에서 발생하며, 수분을 포함하고 있는 점에서 구름과 분광 특성이 비슷하다. 위성영상 내 눈/얼음 영역은 표면 정보를 왜곡하기 때문에 사용자가 국토를 관측함에 있어 주요 장애 요인으로 작용한다.

(1) NDSI (Normalized Difference Snow Index)

눈이 특정 파장대에서 갖는 분광 특성을 이용하여 정규화된 눈 지수(NDSI)를 활용하면 눈 영역을 추출할 수 있다. NDSI는 1970년대 Valovcin이 제안한 Green 및 SWIR 밴드를 이용한 방법이다(Valovcin 등, 1976). NDSI는 다른 알고리즘과 복합적으로 활용하는 방식을 통해 정확도 향상을 기대할 수 있다.

(2) 적설 면적 추출 알고리즘

국내 국가기상위성센터는 Landsat 위성을 이용하여 적설 면적을 추출하고, 적설 깊이를 추정하는 알고리즘을 제시하였다. 적설 면적을 추정하기 위해 NDVI, NDSI, NDWI를 활용해 적설 비율을 추정하고, 눈 영역을 추출한다(정형섭, 2019). 그림 3-21은 Landsat 위성영상 내 적설 영역 탐지 결과를 보여준다.



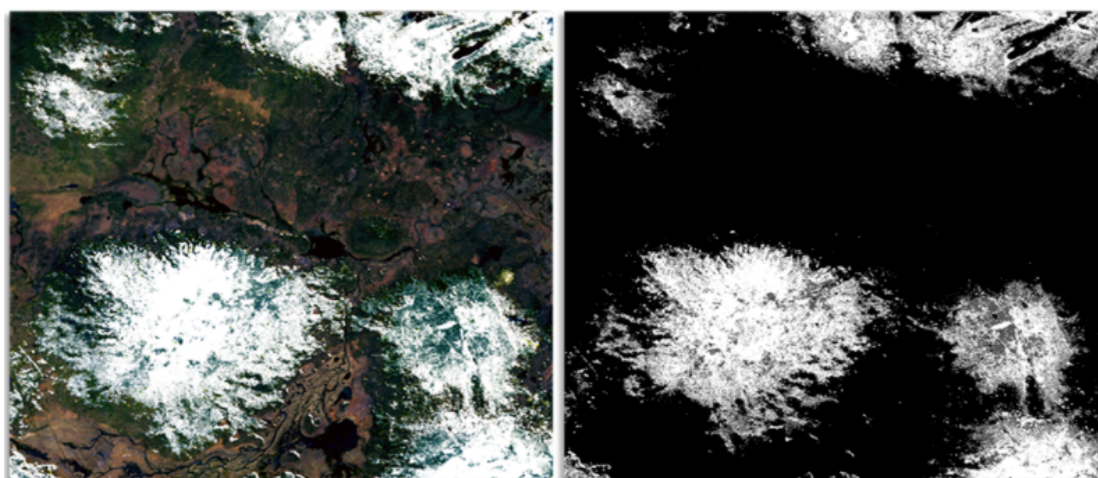
<그림 3-21> Landsat 위성영상(왼쪽) 및 적설영역 탐지(오른쪽)

(3) GK-2A 위성의 착빙 탐지 알고리즘

기상위성 GK-2A의 착빙 탐지 알고리즘은 구름 산출물 정보를 이용하여 착빙 발생 환경을 탐지하고, 착빙의 정도와 착빙 발생 고도에 관한 정보를 추가로 제공한다. 검증 사례를 통한 모델 평가 결과에 따르면 66.6%의 POD(probability of detection)와 22.2%의 POFD(probability of false detection)를 보인다(심성문 등, 2019).

(4) fSCA (Fractional Snow Covered Area) 알고리즘

Landsat 위성은 fSCA 알고리즘을 개발하여 눈 픽셀단위 정보를 제공하고 있다. fSCA 알고리즘은 Landsat 위성영상에서 적설 영역을 추출하기 위해 NDSI 정규화 연산, 가시광 영역의 포화도 판별 및 BIP (Band Interleave by Pixel) 기반 표면반사율 정보를 활용한다. 뿐만 아니라, CFMask 알고리즘을 통해 추출된 구름영역, 수계추출영역, 태양의 방위각 및 고도각 정보, 고도자료 등 보조자료를 활용하여 적설 영역을 탐지한다(Sayler 등, 2021) 그림 3-22는 Landsat 위성영상을 이용하여 fSCA 알고리즘 적용을 통해 적설영역 마스크를 추출한 결과를 보여준다.



<그림 3-22> Landsat NIR-Red-Green 표면반사율 영상(왼쪽) 및 적설 영역 마스크(오른쪽)

라) 지형그림자 및 지형폐색 탐지 기술 개발 현황

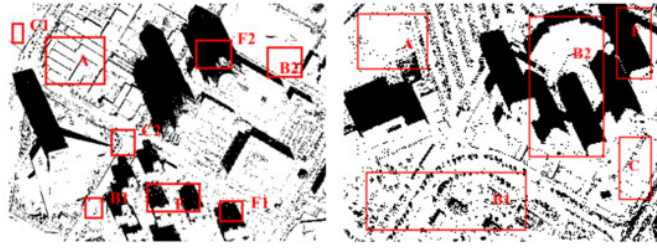
지형그림자 탐지는 위성영상 내 건물, 지형 주변에 발생하는 그림자 영역을 탐지하는 것을 의미한다. 지형폐색 탐지는 위성영상 내 건물 벽면, 절벽 등 급격한 높이변화에 의한 폐색 영역을 탐지하는 것을 의미한다. 위성영상 내 지형그림자 및 지형폐색 영역은 표면 정보가 없거나 왜곡되기 때문에 사용자가 국토를 관측함에 있어 주요 장애 요인으로 작용한다.

(1) LSI (Logarithmic Shadow Index)

LSI는 그림자가 갖는 분광 특성을 이용하여 HSV(Hue-Saturation Value)와 강도(Intensity) 및 여러 다중분광밴드의 픽셀값을 기반으로 설계된 지수로, log 연산을 이용하여 그림자와 비그림자간의 차를 확대하여 지형그림자 및 지형폐색을 탐지한다(그림 3-23). LSI는 그림자를 탐지하는 여러 지수에 비해 더 높은 지형그림자 추출 성능을 보인다는 연구 결과가 있다(Han, H. 등, 2020). 다만, 어두운 영역에서는 객체와 그림자의 구분이 어려워 오탐지 발생 가

능성을 염두하여야 한다.

$$LSI = \ln \left(NIR \times \frac{I-H}{I+H} + 1 \right)$$

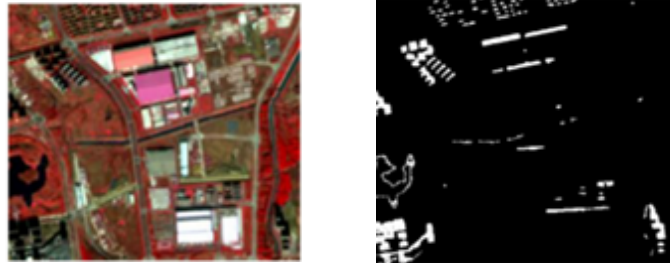


<그림 3-23> LSI (왼쪽), WorldView-3 위성에서의 LSI 기반 지형그림자 탐지 결과(오른쪽)

(2) NSI (Near-Infrared Saturation Index)

NSI는 근적외선을 기반으로 하는 지형그림자 추출 지수이다(그림 3-24). WorldView-2, TripleSat-2, RapidEye 영상의 도심지를 대상으로 검증을 수행하였으며, 우수한 탐지 정확도를 제공한다는 연구 결과가 있다(Fang, H. 등, 2019). LSI와 마찬가지로 영역 자체가 어두운 경우, 그림자의 경계가 모호하여 오탐지 발생 가능성이 있으나, 수계영역을 먼저 제거하면 오탐지 가능성을 줄일 수 있다.

$$NSI = \frac{S - X_{NIR2}}{S + X_{NIR2}}$$



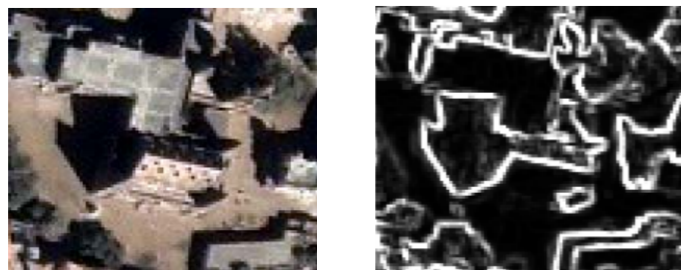
<그림 3-24> NSI (왼쪽), RapidEye 위성(중간) 및 NSI 기반 지형그림자 탐지 결과(오른쪽)

(3) Shadow Boundary Classification 알고리즘

Shadow Boundary Classification은 Sliding Window 방식의 N*N 필터 내 밝기 값을 비교하고, 그림자 경계 부근에서의 높은 편차를 이용하여 지형그림자를 탐지하는 알고리즘이다(Sarabandi 등, 2004). 그림자 크기가 작거나 그림자와 객체 간의 밝기 값 차이가 크지 않을 경우, 탐지율이 저하되는 한계가 있다. 그림 3-25는 그림자 추출 알고리즘 적용 결과이다.

$$\text{var} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [f(i, j) - \overline{f(i, j)}]^2$$

$$\text{where: } \overline{f(i, j)} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j)^2$$



<그림 3-25> Shadow Boundary 알고리즘(왼쪽), Ikonos 영상(중간) 및 지형지물 그림자 탐지(오른쪽)

마) 에어로졸광학두께(AOT) 탐지 기술 개발 현황

에어로졸은 안개, 구름입자, 연무 등 지구 상공 대기를 떠도는 미세한 고체 입자 또는 액체를 뜻한다. 에어로졸광학두께 탐지는 위성영상 내 에어로졸 영역을 탐지하고 그 두께를 추정하는 것을 의미한다. 위성영상 내 에어로졸광학두께 영역은 정도에 따라 표면 정보를 왜곡한다.

(1) GK-2A 위성의 AOD 산출 알고리즘

국내 국가기상위성센터는 GK-2A 위성의 모의영상으로부터 대기분자산란과 지표반사도가 보정된 반사도값과 조건표와의 비교를 통해 최적화된 AOD값을 결정하는 AOD 산출 알고리즘을 개발하였으며, MODIS 대기자료와 비교한 결과 해상 0.08, 육상 0.18~0.65의 RMSE를 보인다(지준범 등, 2019).

(2) LaSRC 알고리즘

Landsat-8 위성은 NASA의 GSFC에서 개발한 LaSRC 알고리즘을 통해 에어로졸 보정을 수행한다(그림 3-26). LaSRC 알고리즘은 Landsat-8 위성의 메타데이터를 이용하여 TOA 반사율 및 TOA BT (Brightness Temperature)를 생성하고, MODIS에서 검색된 수증기, 오존 등의 보조자료와 고도 자료를 활용한 에어로졸 보정 방안을 제시한다(Sayler 등, 2020).

한편, Landsat-7 이전의 위성은 TIR 밴드가 존재하지 않기 때문에 LEDAPS 알고리즘과 MODIS를 통해 산출된 대기자료를 보조자료로 활용하여 에어로졸 보정을 수행한다. 그림 3-26은 Landsat 위성영상의 TOA 반사 영상으로부터 에어로졸/대기보정이 적용된 표면반사 영상을 생성한 결과이다.



<그림 3-26> Landsat-5 위성의 TOA 반사 영상(왼쪽) 및 에어로졸/대기보정된 표면반사 영상(오른쪽)

3) 시사점

픽셀단위정보의 구름, 구름그림자, 수계, 눈/얼음, 지형그림자, 지형폐색, 에어로졸광학두께 항목을 탐지하기 위한 기초기술의 국내외 연구개발 현황을 분석한 결과, 국내에서는 GK-2A 기상위성을 중심으로 구름, 눈, 에어로졸 등의 탐지 기술이 제시되어 있다.

해외에서는 공식적인 플랫폼을 통해 픽셀단위정보 탐지 기술 및 제품 형태로 제공하는 Landsat, Sentinel 위성을 제외하고는 대부분 개별 연구 수준에 머물러 있다. 특히, Landsat 위성은 픽셀단위정보의 각 항목별 탐지 기술을 공개된 Algorithm Description Document (ADD)를 통해 설명하고 있다. 다만, 중해상도 및 다양한 분광해상도 사양의 Landsat 위성과 달리, 고해상도 및 가시광, 근적외선 분광해상도 사양의 국토위성에는 적용하기 어려운 기술들이 다수 존재하였다.

국토위성영상에서 픽셀단위정보 항목들을 탐지하기 위해서는 국토위성 분광해상도 사양을 고려하여 픽셀단위정보 항목별 탐지 기술의 적용가능성과 한계 등을 검토하고, 기술 선정을 위한 검증 과정이 필요하다. 이러한 일련의 절차를 거쳐 국토위성에 최적화된 픽셀단위정보 탐지 및 생성 기술을 개발할 필요가 있다.

4) 발전전망

픽셀단위정보 항목별 생성 기초기술은 전통적으로 분광 특성을 이용한 탐지가 주를 이루고 있다. 하지만, 최근에는 가시광 및 근적외선 분광해상도를 가진 위성이 등장하면서 해당 사양 조건에서도 탐지할 수 있는 알고리즘 개발이나 보조자료를 활용한 탐지 연구들도 다수 존재하였다.

구름 탐지기술의 경우, 가시광 및 근적외선 밴드 사양으로는 눈/얼음이나 모래, 높은 반사율을 갖는 인공구조물 등 높은 분광 특성을 갖는 항목과 함께 탐지되는 경우가 대부분이고, 구분하기 어렵다. 이러한 한계를 극복하기 위해 DEM, 시계열 자료 등 보조자료를 이용하여 눈/얼음을 탐지하여 구름으로부터 분리가 가능할 것으로 기대된다.

수계 탐지 및 추출기술의 경우, 단파적외선 밴드가 수계를 탐지하는 데 있어 효과적이지만, 근적외선 및 가시광을 이용한 수계 추출 지수도 있다. 또한, 고도 자료 및 태양의 방위각, 고도각을 이용한 경사면 정보 등 보조자료를 이용하여 수계 추출 성능을 향상시키는 알고리즘도 존재하였다. 이외에도 토지피복도의 수계 정보를 보조자료로 활용하여 수계 후보영역을 제한한 후, 수계를 탐지하는 방법을 고려할 수 있다. 에어로졸광학두께 탐지기술에서도 MODIS 대기자료를 보조자료로 활용하여 에어로졸을 보정하는 알고리즘을 제시하고 있다.

앞으로도 가시광 및 근적외선 분광해상도를 가진 위성은 계속해서 등장할 것으로 예상되며, 이러한 위성 사양의 한계를 극복하기 위해서는 보조자료를 활용하거나 각 위성 사양에 특화된 픽셀 단위정보 항목별 탐지 기술 개발이 활발하게 이루어질 것으로 판단된다.

바. 기초기술별 시사점 도출

기초기술 개발현황 분석 내용을 바탕으로 국토위성센터 ARD의 기초기술을 개발할 때 고려해야 할 시사점을 도출하여 정리한다(표 3-10).

<표 3-10> ARD 기초기술 개발 시 고려해야 할 시사점 분석 결과

항목		시사점
기하보정		현재 국토관측위성(CAS500-1/2)내에 한반도에 대한 GCP 구축이 완료되었으나, 남한지역의 정확도는 최대 1.15m까지 보이지만, 북한지역의 정확도는 현저히 낮음. 따라서, 북한을 포함한 전지구 GCP DB 구축 작업을 통해 전지구 기하보정 기술 개발의 가능성을 기대할 수 있음.
정사보정		국토관측위성(CAS500-1/2)에 정사영상 생성 시스템이 개발되었으나, 전지구 기하보정 기술의 개발에 따른 전지구 정사보정 기술의 개발을 기대할 수 있음. 또한, 현재 정사보정 모듈은 DEM을 사용하기 때문에 인공지물 경계면에서 왜곡이 발생.
대기보정	절대복사보정	현재 국내 고해상도 위성영상의 절대복사보정을 위한 절대복사보정계수 산출에 대한 실험이 다수 진행되고 있으나, 파라미터를 제공하고 있는 위성영상은 없음. 표면 반사도의 생성을 위해서는 반드시 요구되는 단계지만, 국토관측위성에는 개발된 시스템이 없음.
	절대대기보정	절대대기보정 이전에 절대복사보정이 반드시 선행되어야 하므로 개발 기획 단계에서 이를 반드시 고려해야 함. 대기보정을 위한 상용 SW 혹은 포함된 모듈이 존재하나, 긴 처리시간을 고려하여 지상국 적용 가능성을 판단해야함. 또한, 국토관측위성의 밴드 사양을 고려하여 표면반사도 제작 가능성에 대한 검토가 필요함. 나아가 개발기관에서 제공하지 않는 복사/대기보정 기능을 활용 센터에서 효율적으로 적용 및 개발할 수 있는 방안에 대한 연구가 요구됨.
	상대대기보정	절대복사보정계수의 산출이 어렵거나, 주기적 갱신이 어려운 경우, 경험적 대기보정 방식을 통해 높은 대기보정 효과를 얻을 수 있음. 해외 위성의 경우 절대대기보정 처리가 어려운 경우, 보완 알고리즘으로 상대대기보정 기술을 적용하고 있음.
BRDF 보정		고해상도 및 중해상도 광학영상의 경우 대부분 연직 방향으로 촬영하며, 촬영 주기가 길기 때문에 BRDF 보정을 위한 여러 장의 영상 획득이 어렵다는 한계점 존재. 따라서, 다른 위성에서 얻어진 자료를 이용하여 주요 지표물에 대한 BRDF 특성을 사용하는 보정 방법의 개발이 필요함.
픽셀단위 정보생산	구름 탐지	구름은 사용자의 국토관측을 방해하는 주된 요소로 작용하기 때문에 탐지가 필수로 요구되는 항목임. 국토위성의 분광해상도 사양을 고려한 구름 탐지 기술 개발이 필요함. 현재 KOMPSAT-3A 영상에 인공지능(AI) 기술을 적용하여 자동으로 구름 마스크를 생산할 수 있는 데이터셋을 제공하는 현황을 고려하여, 기술 연계 가능성을 확인할 수 있음.
	구름그림자 탐지	특히 물 위의 구름에 의한 그림자는 육안으로 판별하기 힘들며, 타 지수 산출시 방해 요소로 작용하기 때문에 제거가 필수로 요구되는 항목임. 그림자 기반 객체 탐지 기술 연계 가능성 확인 가능
	지면/수계 마스크	국토위성의 분광해상도 사양 및 보조자료 활용을 고려한 구름 탐지 기술 개발이 필요함. 현재 KOMPSAT-3A 영상에 인공지능(AI) 기술을 적용하여 자동으

		로 수계 마스크를 생산할 수 있는 데이터셋을 제공하는 현황을 고려하여, 기술 연계 가능성을 확인할 수 있음.
	눈/얼음 마스크	국토관측위성의 밴드 사양으로는 관측 불가능한 항목으로, 일반적으로는 구름과 함께 탐지됨. 보조자료 활용을 고려한 눈/얼음 분리 기술 개발이 필요함.
	지형그림자 마스크	지형에 의한 그림자는 특히 산림지역 관측에 방해 요인으로 작용하며 국내에서 DSM, DTM 등을 입력자료로 사용하여 지형에 의한 왜곡을 제거하는 연구 다수 진행중
	지형폐색 마스크	모자이크 영상 생성 시 비슷한 영상 자료를 이용하여 해당 지역에 대한 복원을 실시하는 기술과 연계하여 지형 폐색 마스크 생산 가능성 확인 가능
	AOD (Aerosol Optical Depth)	GOCI, MODIS 등 다양한 위성영상에서 에어로졸 광학두께 산출 기술 개발하였으나, 특수 파장대를 사용하는 센서가 반드시 요구되는 한계점 존재. 현재 CEOS ARD에서 논의 중인 항목임.

2. ARD 기초기술 개발 우선순위 도출

국토위성센터 ARD 기초기술은 일반 기초기술과 픽셀단위정보 생성 관련 기초기술로 분류되었다. 일반 기초기술로는 기하보정, 정사보정, 복사보정, 대기보정, BRDF보정이 있으며, 픽셀단위 정보 생성 관련 기초기술로는 구름탐지기술, 구름그림자 탐지기술, 지면/수계 마스크, 눈/얼음 마스크, 지형그림자 마스크, 지형차폐 마스크, AOD(Aerosol Optical Depth)가 있다.

개발 우선순위를 도출하기 위한 단계로 첫째, 기초기술 현황 분석을 바탕으로 기초기술별 개발 우선도를 분류하였다. 둘째, 기초기술 개발 우선도를 바탕으로 전문가 자문회의를 개최하여 우선 순위 및 의견을 정리하였다. 셋째, 국토위성센터 현황, 원천기술 확보의 시급성, 전문가 자문 등을 고려하여 개발 우선순위를 도출하였다.

가. 기초기술별 개발 우선도

기초기술 현황 분석을 바탕으로 개발 우선도를 上, 中, 下로 분류하였으며, 상세 결과 및 사유는 다음 그림 표 3-11과 같다.

우선순위 上으로 분류된 항목은 일반 기초기술의 전지구 기하보정, 전지구 정사보정, 절대복사보정, 절대대기보정, 구름 및 구름그림자 탐지기술이며, 국토위성센터 현황, 국토위성의 사양, 원천기술 확보의 시급성 등이 고려되었다.

<표 3-11> 기초기술별 개발 우선도

항목		분류 사유	우선도
기하보정	전지구 기하보정	<ul style="list-style-type: none"> 북한지역을 포함한 전지구의 GCP DB 구축을 통한 전지구 기하보정 기술의 개발을 통해 원천 기술을 확보하는 것이 가장 큰 목표임. 시급성은 높으나, 기초기술 확보가 되어있음. 	上
	기하보정 고도화	<ul style="list-style-type: none"> 기하보정 정확도의 향상을 위한 고도화 작업을 통해 정확도가 높은 정밀영상의 생성이 가능할 것으로 예상됨. 품질 관리를 위해 지속적인 GCP 갱신이 요구됨. 	中
정사보정	전지구 정사보정	<ul style="list-style-type: none"> 전지구 기하보정 기술의 발전에 따라 정사보정 기술을 개발하여 전지구 대상의 정사영상을 생성하는 원천기술의 확보를 목표로 함. 시급성은 높으나, 기초기술 확보가 되어있음. 	上
	정사보정 고도화	<ul style="list-style-type: none"> 3차원 공간정보의 제작 등 다양한 공간정보 분야에서의 활용을 위해 DSM을 이용하여 인공지물 경계면에서의 왜곡을 최소화하여 실감정사영상을 생성할 수 있는 정사보정 모듈의 고도화가 필요함. 	中
복사보정	절대복사보정	<ul style="list-style-type: none"> 표면반사율 영상의 제작에 있어서 절대복사보정은 필수로 	上

		<p>요구되는 기초기술임.</p> <ul style="list-style-type: none"> 국토관측위성 내 복사보정 시스템이 존재하지 않기 때문에, 국토관측위성의 대기보정에 관한 선행연구에 기반하여 절대복사보정 기술의 연구가 우선적으로 수행되어야 함. 절대대기보정이 수행되기 위해서는 절대복사보정이 필수로 수행되어야 함. 	
	상대복사보정	<ul style="list-style-type: none"> 현재 개발된 국토관측위성 내 변화탐지 SW에서 상대복사보정을 수행하는 기능이 포함되어 있으나, 복사보정 산출물을 생성하는 독자 시스템은 존재하지 않음. 많은 비용과 시간을 요구하는 절대복사보정을 대신하는 방법으로 상대복사보정이 이용될 수 있으므로, 절대복사보정의 기술 개발 및 적용 가능성에 대한 검토 후 상대복사보정 기술의 개발 가능성을 검토하여 그 필요성을 판단할 수 있음. 	中
대기보정	절대대기보정	<ul style="list-style-type: none"> 표면반사율 영상의 제작에 있어서 절대대기보정은 필수로 요구되는 기초기술임. 국토관측위성 내 절대대기보정 시스템이 존재하지 않음. 따라서 대기산란과 수증기 보정을 포함하는 절대대기보정에 관한 연구가 우선적으로 수행되어야 함. 단, 에어로졸 보정의 경우, CEOS ARD에서 논의중인 상태로, 현 시점에서 결정하기 어려움. 	上
BRDF 보정		<ul style="list-style-type: none"> 일관적인 표면반사율을 생성하기 위해서 BRDF 보정은 필요한 기초기술임. BRDF 보정을 수행하기 위해서 대기보정이 선행되어야 함. 짧은 주기로 동일 지역에 대한 청천영상 확보가 가능한지 확인이 필요하며, 어려울 경우 보조자료 활용을 통한 BRDF 보정 가능성 검토가 필요함. 	中
픽셀단위 정보생산	구름 탐지	<ul style="list-style-type: none"> 가시광선 영역의 파장대를 사용하는 광학 영상의 경우 구름의 유무가 국토관측에 있어 가장 큰 장애요소임. 	上
	구름그림자 탐지		上
	지면/수계 마스크	<ul style="list-style-type: none"> 수계는 사용자의 국토관측 목적에 따라 관심 여부가 달라질 수 있으므로 시급성이 높은 항목은 아님. 수계 추출 성능 향상을 위해 보조자료 활용 가능여부 검토가 필요함. 	中
	눈/얼음 마스크	<ul style="list-style-type: none"> 눈/얼음은 계절적, 지형적 요인에 의해 발생하며, 국토위성 분광해상도 사양을 고려하면 구름 영역으로 탐지될 가능성이 높음. 눈/얼음이 관심 영역일 경우, 보조자료를 활용해 구름과 적설영역을 분리하는 기술 개발이 필요함. 	中
	지형그림자 마스크	<ul style="list-style-type: none"> 지형그림자 및 지형폐색은 국토관측 목적에 따라 관심 여부가 달라질 수 있으므로 시급성이 높은 항목은 아님. 지형그림자 및 지형폐색 탐지를 위한 기술 검토가 필요함. 	中
	지형폐색 마스크		中
	AOD	<ul style="list-style-type: none"> 현재 CEOS ARD에서 논의되고 있는 사항이며, 특수 파장대를 사용하는 센서가 없는 이상 에어로졸 광학두께를 측정하기 어려운 한계점을 고려하여 우선순위를 下로 선정함. 	下

나. 개발 우선순위 도출을 위한 전문가 자문회의 개최

기초기술 개발 우선도를 바탕으로 국토위성센터 ARD 기초기술의 개발 우선순위를 도출하기 위해 전문가 자문회의를 개최하였다. 전문가 자문위원회는 측량 및 지형공간정보, 원격탐사(복사/대기보정), 위성영상 활용, 농업위성, 산림위성, 환경위성 등 다양한 전문분야로 구성되었으며, 명단은 표 3-12와 같다.

<표 3-12> 전문가 자문위원회 명단

번호	성명	소속 및 직책	전문분야
전문가1	구대성	(주)공간정보기술 이사	측량 및 지형공간정보
전문가2	김선화	UST21 책임연구원	원격탐사 (복사/대기보정)
전문가3	김원국	부산대학교 교수	원격탐사 (복사/대기보정)
전문가4	박상은	세종대학교 교수	원격탐사 (활용)
전문가5	안호용	농촌진흥청 국립농업과학원 농업연구사	농업위성센터 담당
전문가6	임중빈	국립산림과학원 임업연구사	산림위성센터 담당
전문가7	정재훈	국립환경과학원 환경위성센터 연구관	환경위성센터 담당

전문가 자문회의를 통해 정리된 기초기술 개발 우선순위 및 의견은 다음 표 3-13과 같다.

<표 3-13> 전문가 자문회의를 통해 정리된 기초기술별 개발 우선순위 및 의견

항목		전문가1	전문가2	전문가3	전문가4	전문가5	전문가6	전문가7	종합 순위
기하보정	전지구 기하보정	1	1	1	1	3	3	1	1
	기하보정 고도화	7	2	2	7	1	1	5	1
정사보정	전지구 정사보정	2	7	3	5	4	4	2	3
	정사보정 고도화	8	8	4	8	2	2	6	3
복사보정	절대복사 보정	3	3	5	6	5	7	3	5
	상대복사 보정	9	4	10	4	6	6	4	6
대기보정	절대대기 보정	4	11	6	9	7	5	7	7
BRDF 보정		10	12	7	10	14	8	10	10
픽셀단위 정보생산	구름 탐지	5	5	8	2	10	9	8	8
	구름그림 자 탐지	6	6	11	3	13	10	9	10
	지면/수계 마스크	11	10	9		8	13	13	12
	눈/얼음 마스크	12	9	14		12	14	14	14
	지형그림 자 마스크	13	13	12		9	11	11	9
	지형폐색 마스크	14	14	13		11	12	12	13
	AOD (Aerosol Optical Depth)	15	15	15		15	15	15	15
기타의견		(전문가2) * 고해상도의 특성을 고려하면 기하정확도는 확보가 가능하나 복사정확도는 기대하기 어려움 * 센서 자체의 한계가 있으니 복사보정은 장기적 시점으로 진행하는 것이 좋을듯							
		(전문가3) * 위치정보 생산 중요 * 3차원 정보, 색감정보 등으로 필요성 확대 필요 * 대기보정, 복사보정에 관심을 두고 중장기 plan 설계 필요							
		(전문가5) * ARD 레벨 정의 필요 * 보안처리 기술 필요 * 타 위성과 융합활용 기술 필요							

다. 개발 우선순위에 대한 전문가 의견 결과

국토위성센터 ARD 기초기술 개발 우선순위를 도출하기 위해 국토위성센터 현황, 원천기술 확보의 시급성, 전문가 자문 등을 고려하였다.

우선 순위로 도출된 기초기술 개발으로는 전지구 기하보정(1), 기하보정 고도화(2), 전지구 정사보정(3), 절대복사보정(4), 정사보정 고도화(5) 순이다. 기하보정 기술이 기초기술 개발 최우선 순위로 도출된 이유로는 전지구 GCP DB 구축을 통한 기하보정 원천기술 확보가 필요하며, 국토위성의 목적과 활용성 확대를 고려해 전지구 대상 높은 기하정확도를 확보하는 것이 중요하다는 전문가 의견이 있었다. 정사보정 기술의 경우, 전지구 대상의 정사영상을 생성하는 원천기술 확보가 필요하며, 전지구 기하보정 기술 개발이 선행되어야 하는 점을 고려하여 후순위로 전지구 정사보정 기술의 개발이 요구된다는 전문가 의견이 있었다. 복사보정 기술의 경우, 현재 국토위성 내 복사보정 시스템이 존재하지 않으나, 필수로 요구되는 기초기술임을 감안하여 높은 우선순위가 부여되었으나, 고해상도 센서의 특성상 복사 정확도가 기하 정확도에 비해 높지 않다는 전문가 의견이 있었다.

보다 상세한 국토위성센터 ARD 기초기술 개발 우선순위 도출 결과는 다음 표 3-14와 같다.

<표 3-14> 국토위성센터 ARD 기초기술 개발 우선순위 도출 결과

항목		우선순위 도출 사유	우선순위 선정 관련 전문가 의견	우선 순위
기하보정	전지구 기하보정	<ul style="list-style-type: none"> 북한지역을 포함한 전지구의 GCP DB 구축을 통한 전지구 기하보정 기술의 개발을 통해 원천 기술을 확보하는 것이 가장 큰 목표임. 시급성은 높으나, 기초기술 확보가 되어있음. 	<ul style="list-style-type: none"> 국토위성의 활용성 확대와 원천기술 확보를 위해 전지구 기하보정 기술의 개발이 요구됨. 효율적인 활용을 위해 GCP, DEM 취득이 가능한 지역과 아닌 지역의 요구사항을 구분하여 수립할 필요가 있음. 	1
	기하보정 고도화	<ul style="list-style-type: none"> 고도화 작업을 통해 정확도가 높은 정밀영상의 생성이 가능할 것으로 예상됨. 품질 관리를 위해 지속적인 GCP 갱신이 요구됨. 	<ul style="list-style-type: none"> 국토위성의 목적과 활용분야를 고려하여 높은 기하정확도를 확보하는 것이 중요함. 국토위성의 고해상도 센서 특징을 통해 높은 기하정확도의 확보가 가능하며, 고해상도 위성영상에 대한 기하정확도 척도를 제공할 수 있음. 	2
정사보정	전지구 정사보정	<ul style="list-style-type: none"> 전지구 대상의 정사영상을 생성하는 원천기술의 확보를 목표로 함. 시급성은 높으나, 기초기술 확보가 되어있음. 	<ul style="list-style-type: none"> 전지구 기하보정 기술의 개발 후 높은 위치정확도를 취득하기 위한 전지구 정사보정 기술 개발이 요구됨. 	3
	정사보정 고도화	<ul style="list-style-type: none"> 인공지물 경계면에서의 왜곡을 최 	<ul style="list-style-type: none"> 국토위성 내에 정사영상 생성 시스 	5

		소화하기 위해 DSM을 이용한 실감정사영상을 생성할 수 있는 정사보정 모듈 개발이 필요함.	템이 있으나, 보다 높은 기하 정확도를 위해 정사보정 기술 고도화가 필요함.	
복사보정	절대복사보정	<ul style="list-style-type: none"> 표면반사율 영상의 제작을 위해 반드시 필요한 기초기술임. 국토관측위성 내 복사보정 시스템이 존재하지 않음. 절대대기보정을 위해서는 절대복사보정이 필수로 선행되어야 함. 	<ul style="list-style-type: none"> 고해상도 센서 특성상 복사정확도는 기하정확도에 비해 높지 않음. 모자이크 등을 통해 넓은 영역의 자료 제공이 가능할 때, 복사보정 개발이 이루어질 필요가 있음. 	4
	상대복사보정	<ul style="list-style-type: none"> 국토관측위성 내 변화탐지 SW에서 상대복사보정을 수행하는 기능이 포함되어 있으나, 복사보정 산출물을 생성하는 독자 시스템은 존재하지 않음. 많은 비용과 시간을 요구하는 절대복사보정을 대신하는 방법으로 상대복사보정이 이용될 수 있으므로, 절대복사보정의 기술 개발 및 적용 가능성에 대한 검토 후 상대복사보정 기술의 개발 가능성을 검토하여 그 필요성을 판단할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> 사용자 친화형 영상 제품 구축이라는 ARD 목적을 고려하여 가시성을 위한 상대복사보정 기술의 개발이 요구됨. 국토위성용 모자이크 영상 제작 SW 내부에 인접한 영상 간의 영상 기반 상대복사보정 기능이 존재하며, 해당 기능을 별도의 모듈 혹은 SW로 제작하는 방안 검토가 필요함. 	6
대기보정	절대대기보정	<ul style="list-style-type: none"> 표면반사율 제작에 있어 절대대기보정은 필수로 요구되는 기초기술임. 국토관측위성 내 절대대기보정 시스템이 존재하지 않음. 대기산란과 수증기 보정을 포함하는 절대대기보정에 관한 연구가 우선적으로 수행되어야 함. 단, 에어로졸 보정의 경우, CEOS ARD에서 논의중인 상태로, 현 시점에서 결정하기 어려움. 	<ul style="list-style-type: none"> 복사보정의 수행 후에 대기보정이 수행될 수 있으므로 해당 순서에 맞는 우선순위를 부여함. 	8
	BRDF 보정	<ul style="list-style-type: none"> 국토위성의 목적 및 활용도를 고려하여 산림과 농업 분야에서 주요 요구되는 BRDF 보정 항목의 우선순위는 높지 않은 것으로 선정됨. 정밀 대기보정을 위해 요구되는 항목이지만, 농림위성 지상국에서 해당 요소에 대한 개발이 진행되는 점을 고려하여 중기적 시점에서 개발 또는 협업 요소로 판단됨. 	<ul style="list-style-type: none"> 전문가 의견 없음 	12
픽셀단위정보	구름 탐지	<ul style="list-style-type: none"> 구름의 유무는 국토관측에 있어 가장 큰 장애요소임. 분석준비자료(ARD)는 전문지식이 없는 사용자가 즉시 분석에 이용할 수 있는 위성영상 자료를 제공하는 목적으로 정의되었기 때문에 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 구름 영역에 대한 마스크 정보가 중요한 활용 분야가 있으니 높은 정확도의 마스크 생성 기술 개발이 요구됨. 	7
	구름그림자 탐지		<ul style="list-style-type: none"> 전문가 의견 없음 	9

생 산		가능한 자료영역의 인식을 위한 구름 및 구름 그림자 탐지기법의 연구가 반드시 수행되어야 함.		
	지면/수계 마스크	<ul style="list-style-type: none"> • 광학 영상에서 지면, 수계를 구분할 수 있는 마스크는 국토 관측에 있어 중요하게 요구됨. • 타 기술요소와의 개발 시급성, 연계성, 난이도를 고려하여 우선순위를 중으로 선정함. 	• 전문가 의견 없음	10
	눈/얼음 마스크	<ul style="list-style-type: none"> • 특수한 파장대를 통해 취득할 수 있는 해당 요소를 국토위성의 밴드 또는 보조자료를 활용해 탐지하는 알고리즘 개발이 필요함. 	• 전문가 의견 없음	13
	지형그림자 마스크	<ul style="list-style-type: none"> • 국토위성 모자이크 영상 생성 SW 내부에 개발된 복원 기능을 응용하여 지형 폐색 마스크 생성이 가능한 것으로 판단됨. 	• 전문가 의견 없음	11
	지형폐색 마스크	<ul style="list-style-type: none"> • BRDF 보정을 위해 반드시 요구되는 마스크 항목으로, BRDF 보정의 우선순위를 고려하여 중간 우선순위를 부여함. 	• 전문가 의견 없음	14
	AOD (Aerosol Optical Depth)	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 CEOS ARD에서 논의되고 있는 사항이며, 특수 파장대를 사용하는 센서가 없는 이상 에어로졸광학 두께를 측정하기 어려운 한계점을 고려하여 우선순위를 부여함. 	• 전문가 의견 없음	15

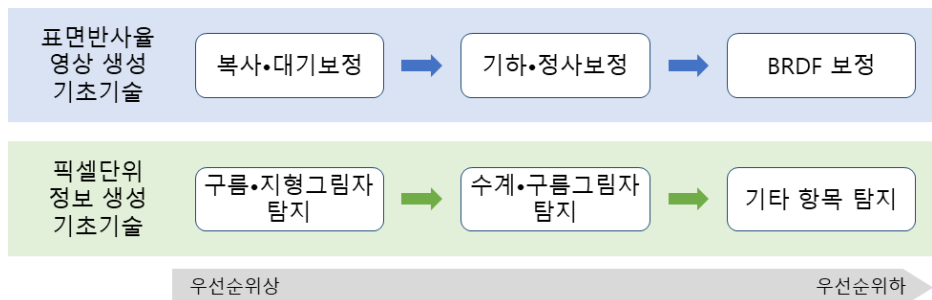
라. 국토위성센터 ARD 기초기술 개발 우선순위 도출

기초기술 개발 우선순위에 대한 전문가 의견과 국토위성센터 현황, 국토위성의 사양, 원천기술 확보의 시급성 등을 고려한 연구진의 의견은 기하·정사보정, 복사·대기보정, 구름 및 구름그림자 탐지 기술을 우선도 높음으로 분류했다. 표 3-15는 전문가 평점 및 종합우선순위를 나타낸다.

<표 3-15> 전문가 자문회의를 통해 정리된 기초기술별 개발 종합 우선순위

항목		전문가평점 (중요도)	시급성 신규성	종합우선순위
ARD 기초기술	전지구 기하보정	1	○	중
	기하보정 고도화	1	△	중
	전지구 정사보정	3	○	중
	정사보정 고도화	3	△	중
	절대복사보정	5	◎	상
	상대복사보정	6	◎	상
	절대대기보정	7	◎	상
	BRDF 보정	10	○	하
픽셀단위 정보생산	구름 탐지	8	◎	상
	구름그림자 탐지	10	○	중
	지면/수계 마스크	12	○	중
	눈/얼음 마스크	14	○	하
	지형그림자 마스크	9	◎	상
	지형폐색 마스크	13	○	하
	AOD (Aerosol Optical Depth)	15	○	하

기초기술 개발 현황 분석 및 전문가 자문회의를 통해 도출된 우선순위 결과에 대해 분석한 결과, 기하·정사보정 기술의 경우 국토위성센터가 보유한 기술이고 고도화 단계를 필요로 하기 때문에 우선순위를 낮출 필요가 있다고 판단되었다. 국토위성센터 ARD의 주요 산출물인 표면 반사율영상을 생성하기 위해서는 복사·대기보정 기술의 개발이 필수적인데, 현재 미보유 기술이므로 우선순위를 최우선으로 조정하였다. 픽셀단위정보 또한 국토위성센터 ARD의 주요 산출물이므로 우선순위가 높은 항목의 탐지 기술에 대해서는 병렬적으로 개발이 수행되어야 한다고 판단했다. 따라서 최종 개발 우선순위는 아래의 그림 3-27과 같다.

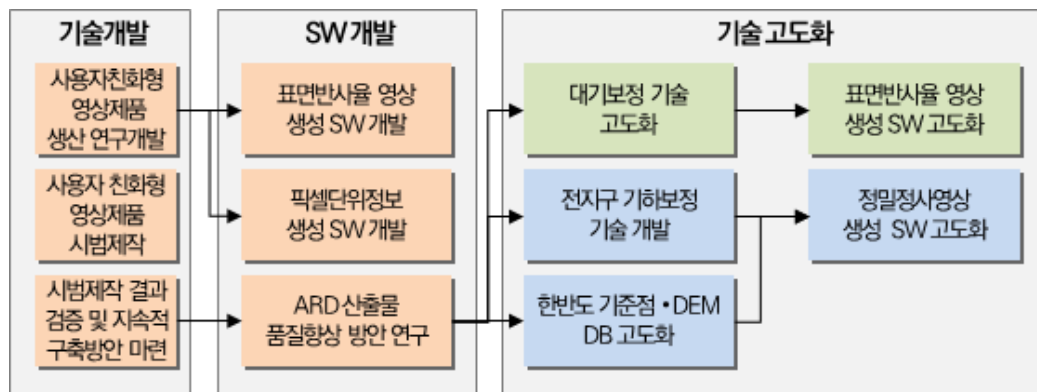


<그림 3-27> 국토위성센터 ARD 기초기술의 최종 개발 우선순위

3. ARD 기초기술 개발 로드맵

가. 기초기술별 핵심 추진 과제 도출

국토위성센터 ARD 구축 사업은 기술개발, SW개발, 기술고도화 단계로 구분되어 추진될 예정이다. 이 절에서는 각 기초기술별 핵심 과제들을 즉시개발이 필요한 기술(‘기술개발’), 국토위성센터 ARD 산출물 생성을 위한 SW 개발(‘SW개발’), ARD 기초기술 고도화(‘기술 고도화’)의 세 가지 단계로 구분하여 도출했다(그림 3-28).



<그림 3-28> 기초기술별 핵심 추진과제

나. ARD 기초기술 개발 로드맵 수립 과정

국토위성 ARD 기초기술 현황 조사를 통해 도출된 핵심기술과 그 우선순위를 연구진 및 학회 전문가의 자문을 통해 전체적인 로드맵을 수립한 결과를 기술한다. 로드맵은 하반기 기술개발 사업, ARD 서비스 가능 시점(‘23년 상반기) 및 국토위성 영상 정보 제공 시점(‘21년 하반기) 일정을 고려하여 다음 그림 3-29와 같은 과정으로 수립하였다.



<그림 3-29> ARD 기초기술 개발 로드맵 수립 과정

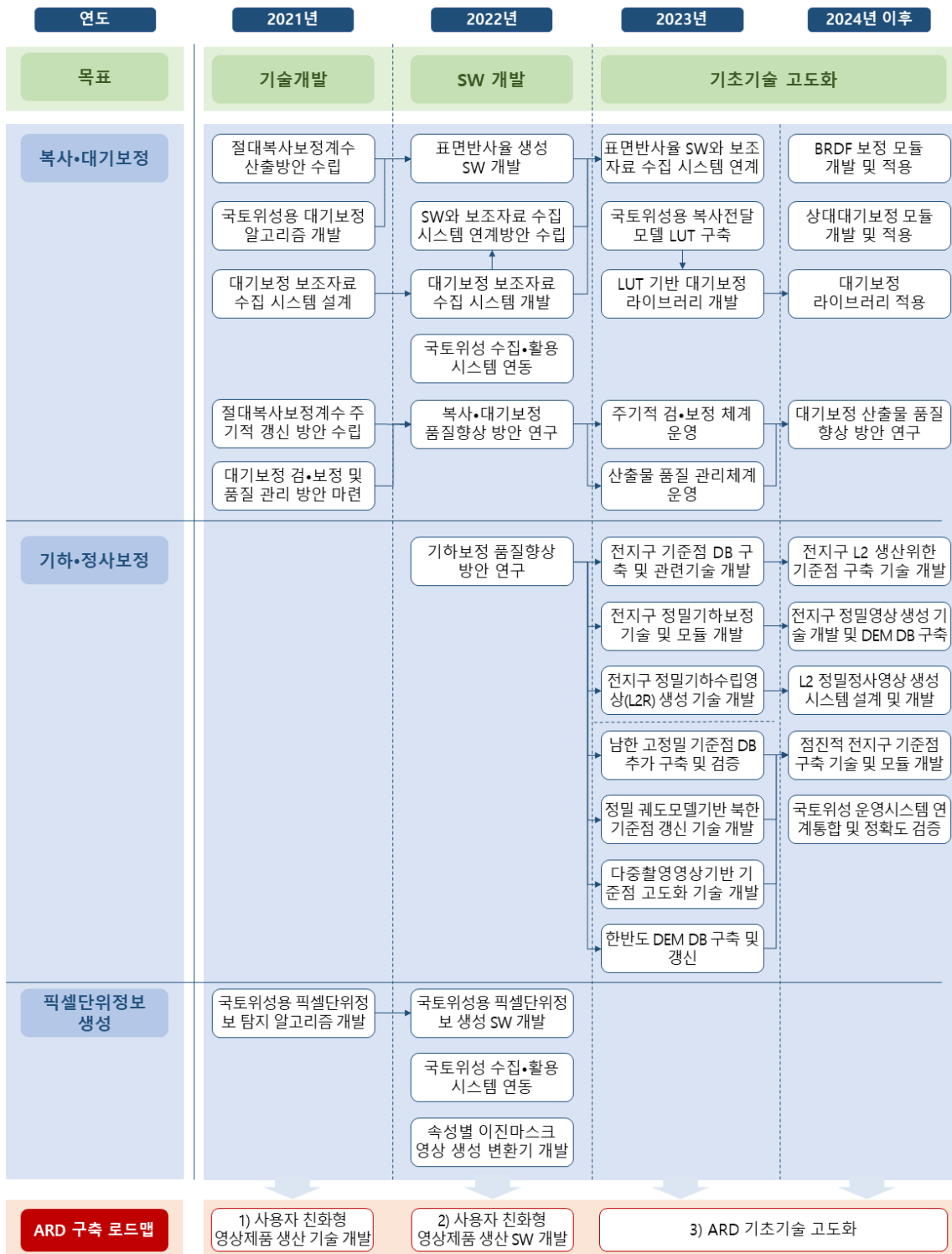
다. 연차별 ARD 기초기술 개발·도입 로드맵

국토위성 운용계획과 도출된 우선순위를 고려하고 연차별 목표에 따라 복사대기보정, 기하보정, 픽셀단위정보 생성을 중점으로 설계된 ARD 기초기술의 연차별 개발 및 도입 로드맵은 그림 3-30과 같다.

복사·대기보정 및 픽셀단위정보는 현재 국토위성센터에 확보되지 않은 상태로, ARD 서비스를 위해 반드시 필요한 기초기술이다. 이러한 점을 고려하여 단기적으로는 복사·대기보정 및 픽셀단위정보 생성을 위한 기초기술 개발 및 SW, 시스템 연계 개발을 통해 2022년에는 ARD 서비스 개시가 가능한 원천기술 확보를 목표로 로드맵을 수립하였다.

2022년 ARD 서비스 개시 이후, 품질 향상 및 서비스 대상 지역 확대 필요성을 고려하여 기 확보된 기하·정사보정 및 복사·대기보정 기초기술의 고도화를 목표로 로드맵을 수립하였다.

수립된 기초기술 로드맵은 2장 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵에도 반영되어 있다.



<그림 3-30> 연차별 ARD 기초기술 개발 로드맵

4. ARD 기초기술 개발 사업 제안요구서

ARD 기초기술 개발 로드맵을 통해 기초기술 개발 관련하여 총 3개의 연구개발 사업이 식별됐다(표 3-16~3-18). 각 사업은 기초기술 개발, SW 개발, 기초기술 고도화의 3단계로 구성되며, 순차적으로 수행되는 연계 사업으로 설계했다. 본 절에서는 각 사업의 제안요구서 내 주요 내용을 표로 요약하고 본문은 부록으로 첨부했다.

가. 사용자 친화형 영상제품 생산 기술 개발 사업 제안요구서(안) 요약

<표 3-16> 사용자 친화형 영상제품 생산 기술개발 사업 제안요구서 요약

제안 사업명	국토위성센터 ARD 산출물 사양 정의 및 기초기술 개발
추진배경	<ul style="list-style-type: none"> • 전 세계적으로 중해상도 뿐만 아니라 고해상도 위성영상으로 표면반사율영상을 생성하고 이를 ARD로 제공하는 서비스를 추진 중이거나 준비하는 추세임 • 국가기본도 활용을 위한 사용자 친화형 영상 제품 구축 기획연구사업 등의 관련 사업 및 연구를 통해 사용자 친화형 영상 제품(이하 ARD*) 서비스를 위한 핵심 기술 개발 및 ARD 산출물 사양 정의의 필요성이 도출됨 • 따라서, 고해상도의 국토위성영상에 적합한 대기보정 기술을 개발하고 이를 적용하여 생성되는 ARD 산출물의 사양 정의가 필요함
목적	국토위성센터 ARD 서비스 구축을 위한 ARD 산출물 사양 정의 및 기초기술 개발
과업기간	240일
주요 과업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 친화형 영상 제품 생산을 위한 연구개발 • 사용자 친화형 영상 제품 시범제작 • 시범제작 결과 검증 및 지속적 구축 방안 마련
관련사업 현황	<ul style="list-style-type: none"> • 국토위성정보 수집·활용 시스템 기본설계 및 활용 기초기술 개발('17.9~'18.3) • 국토위성정보 수집 및 활용 기술 개발('18.6~'20.12) • 국가기본도 활용을 위한 사용자 친화형 영상 제품 구축 기획연구('21.1~'21.7)
첨부자료	부록2

나. 사용자 친화형 영상제품 생산 소프트웨어 개발 사업 제안요구서(안) 요약

<표 3-17> 사용자 친화형 영상제품 생산 소프트웨어 개발 사업 제안요구서 요약

제안 사업명	사용자 친화형 영상 제품 생산 소프트웨어 개발
추진배경	사용자 친화형 영상 제품(이하 ARD*) 생산 기술 개발 및 시범제작사업 등 관련 사업 및 연구를 통해 국토위성센터 ARD 서비스를 위한 핵심 기술 소프트웨어 개발 필요성 도출
목적	국토위성센터 ARD 서비스 구축을 위한 핵심 기술(표면반사율, 픽셀단위정보) 소프트웨어 개발 및 시스템 연계
과업기간	240일
주요 과업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 친화형 영상 제품 생산을 위한 연구개발 • 사용자 친화형 영상 제품 시범제작 • 시범제작 결과 검증 및 지속적 구축 방안 마련
첨부자료	부록3

다. 국토위성센터 ARD 기초기술 고도화 사업 제안요구서(안) 요약

<표 3-18> 국토위성센터 ARD 기초기술 고도화 사업 제안요구서 요약

제안 사업명	국토위성센터 ARD 기초기술 고도화
추진배경	사용자 친화형 영상 제품(이하 ARD*) 생산 소프트웨어 개발 사업 등 관련 사업 및 연구를 통해 국토위성센터 ARD 생산기술 추가 개발 및 고도화 필요성 도출
목적	국토위성센터 ARD 서비스 품질 향상을 위한 핵심 ARD 생산기술 추가 개발 및 고도화
과업기간	360일
주요 과업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 대기보정 기술 고도화 • 전지구 기하보정 기술 개발 • 한반도 기준점·DEM 관련 기술 개발 및 DB 고도화
첨부자료	부록4

제4장

추가제안

1. 주요 지형별 ARD 제품 샘플제작

1. 주요지형별 ARD 제품 샘플제작

가. 연구개요

ARD 정의 과업을 통해 CEOS ARD 정의와 Landsat ARD 샘플 자료를 분석했다. 그 결과, 국토 위성 센터의 ARD 정의를 도출할 수 있었으며, 해당 내용의 적정성을 검증하기 위해 샘플제작을 수행했다.

본 장에서는 KOMPSAT-3A(이하 K3A) 영상을 이용하여 국토위성센터 ARD 정의에서 도출된 주요 산출물인 밴드별 표면반사율영상과 픽셀단위정보(일부)를 제작하는 과정과 해당 자료가 ARD 정의를 만족하는지 확인하는 실험의 수행 결과를 설명한다.

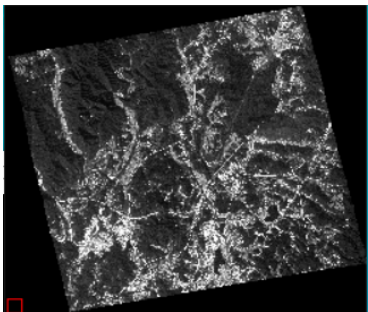
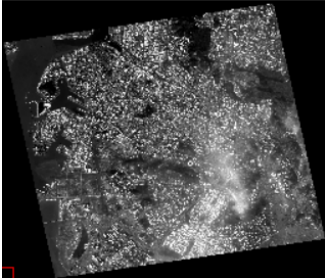
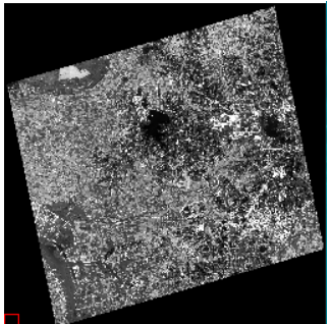
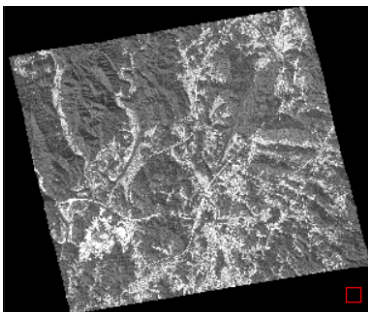
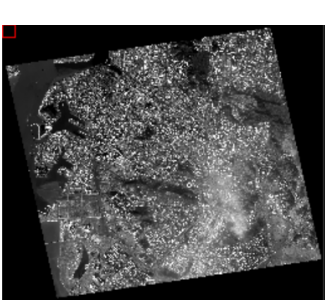
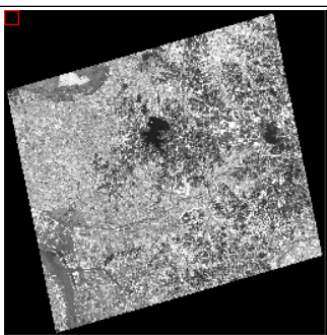
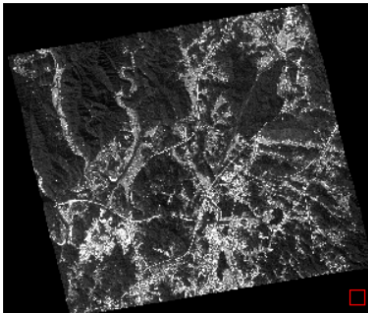
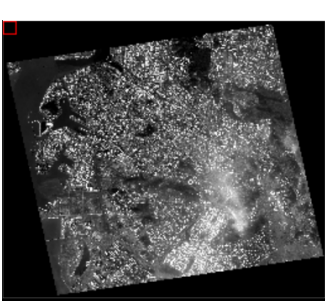
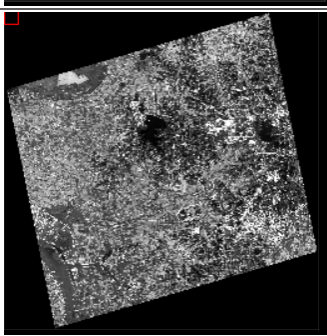

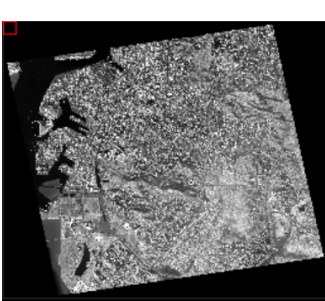
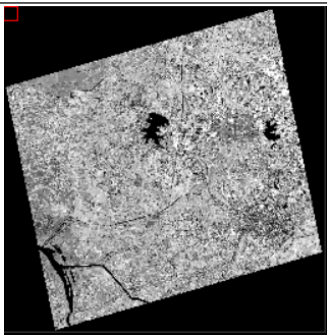
나. 연구 내용

1) 사용 데이터

ARD 산출물 제작을 위해 지역 특성이 다른 산악지(원주), 도심지(인천), 농촌지(김제)를 선정하여 K3A 영상을 취득하여 사용했다. 사용 영상은 정밀기하보정 처리가 완료된 L2G 레벨의 영상이며, 이를 원본영상이라 칭한다. K3A 영상은 P(Panchromatic), Red, Green, Blue, NIR 총 4개의 밴드로 구성되어 있고, 각 밴드별로 GeoTIFF 형식의 파일로 제공된다. 이때 P 밴드의 경우 파장대가 넓기 때문에 표면반사율(Surface Reflectance, 이하 SR)을 산출해도 유의미한 정보로의 사용이 어렵고, Landsat ARD와 같은 해외 ARD 에서도 P 밴드 대한 SR은 제공하고 있지 않기 때문에 샘플제작 대상에서 제외했다.

원본영상은 ARD 정의에서 수립된 격자 체계에 맞춰 1:5,000 도엽 단위로 잘라내서 사용했으며, 이 영상을 입력영상이라 칭한다. 그림 4-1은 도엽단위의 크기로 추출된 입력영상의 예시를 보여준다. 각 원본영상의 촬영 시기는 산악지(원주)는 15년 10월, 도심지(인천)는 18년 01월, 농촌지(김제)는 17년 10월이다. 원본영상의 GSD는 2m이며 지리좌표계는 UTM-K이다. 원본영상의 메타데이터(그림 4-2)는 대기보정 처리에 필요한 입력 파라미터 정보를 제공하는 역할을 하며 영상의 취득 일자 및 시간, 좌표계, 타원체 등에 관한 정보가 포함되어 있다(표 4-1).

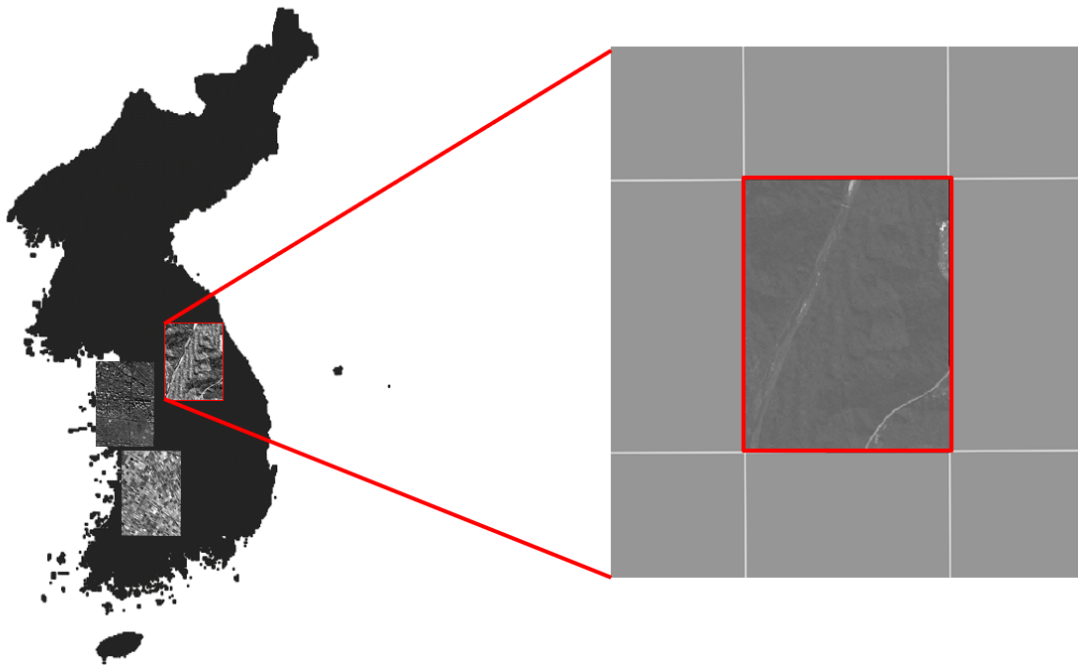
<표 4-1> KOMPSAT-3A 원본영상 정보

	산악(원주)	도심지(인천)	농촌(김제)
R			
G			
B			
N			
파일명	K3A_20151029042655_03283_00067279_L2G.TIF	K3A_20180119043153_15569_00040927_L2G.TIF	K3A_20171021044156_14209_00304862_L2G.TIF
촬영시기	2015.10.29	2018.01.19	2017.10.21
영역정보	UL: 1028554, 1942530 LR: 1046684, 1927080	UL: 918008, 1946550 LR: 935910, 1931136	UL: 931128, 1767831 LR: 948266, 1750473

보			
좌			
표			
계			
공			
간			
해			
상			
도			

UTM-K

2m



<그림 4-1> 1:5,000 도엽 단위의 입력영상 제작 예시



<그림 4-2> 원본영상의 메타데이터

2) 산출물 생성 도구

입력영상의 생성을 위해 Q-GIS를 사용했다. 표면반사율 영상 생성을 위해 Orfeo Tool Box(OTB)를사용했고 ENVI를 사용하여 픽셀단위 정보를 생성했다.

가) Orfeo Tool Box

OTB는 프랑스 국가 원격탐사 연구 기관인 CNES에서 자국의 Pleiades 위성영상정보를 다양하게 활용할 수 있도록 2006년부터 시작하여 2010년 중반까지 재정지원을 하여 개발한 오픈소스 소프트웨어 개발 프로젝트의 성과물이다.

OTB의 Monteverdi는 사용자 인터페이스를 포함한 영상 시각화 도구를 제공하며, 고해상도 이미지 (광학 및 SAR)를 위한 하드웨어 가속 렌더링에 중점을 둔 사용하기 쉬운 시각화 도구로, 일반 사용자가 쉽게 영상정보를 다룰 수 있도록 한다(그림 4-3). 이를 통해 최종 사용자는 원시 이미지 제품을 시각화하고 도구 상자의 모든 애플리케이션에 액세스 할 수 있다. 리소스가 제한된 랩톱에서 고성능 MPI 클러스터에 이르기까지 OTB는 Linux, macOS 및 Windows에서 사용할 수 있다. 또한 GIS 분야에서 가장 많은 사용자를 확보하고 있는 오픈소스인 QGIS와도 플러그인 형태로 설치되기 때문에 여러 기능을 시나리오에 맞춰 연계 처리하는 것이 가능하다는 장점이 있다.

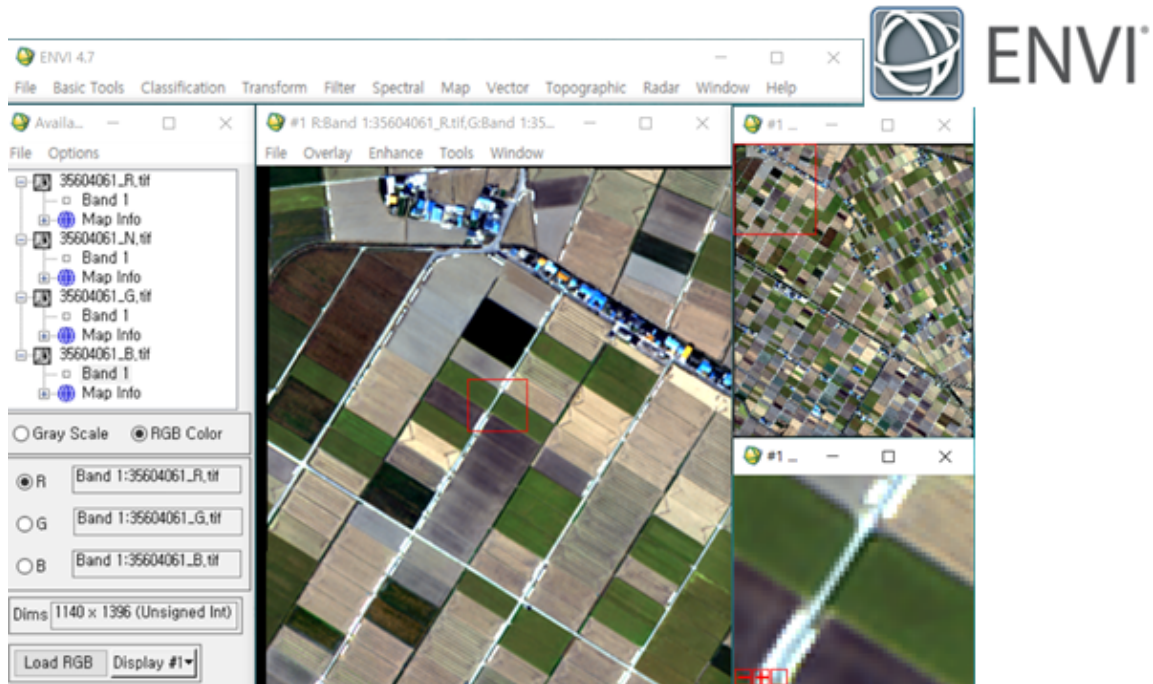
OTB는 대기보정 뿐만 아니라 calibration, change detection, 좌표계 설정 등의 다양한 위성 영상 처리 기능을 제공하기 때문에 사용자는 위성영상을 보다 쉽게 다룰 수 있다.



<그림 4-3> Orfeo Tool Box SW

나) ENVI

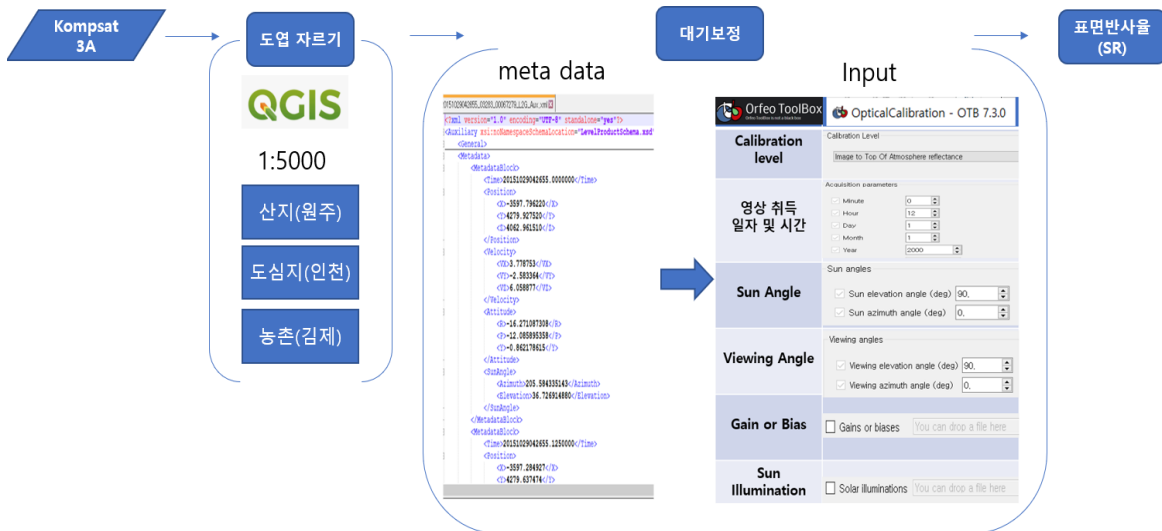
ENVI는 영상처리 및 분석을 위한 영상처리 및 분석 플랫폼이다. ENVI에서는 MultiSpectral, HyperSpectral, thermal, LIDAR 및 SAR를 포함한 모든 유형의 데이터를 지원하고 직관적인 데이터의 시각화, 처리 및 데이터 분석을 가능하게 하고 데이터 보정, 전처리, 대기보정 등의 기능을 제공한다. 그리고 GeoTIFF 및 CDF 등 다양한 데이터 형식을 지원하기 때문에 다양한 데이터를 처리할 수 있다, 또한, Esri의 ArcGIS 플랫폼과 연동된다는 장점이 있다(그림 4-4).



<그림 4-4> ENVI SW

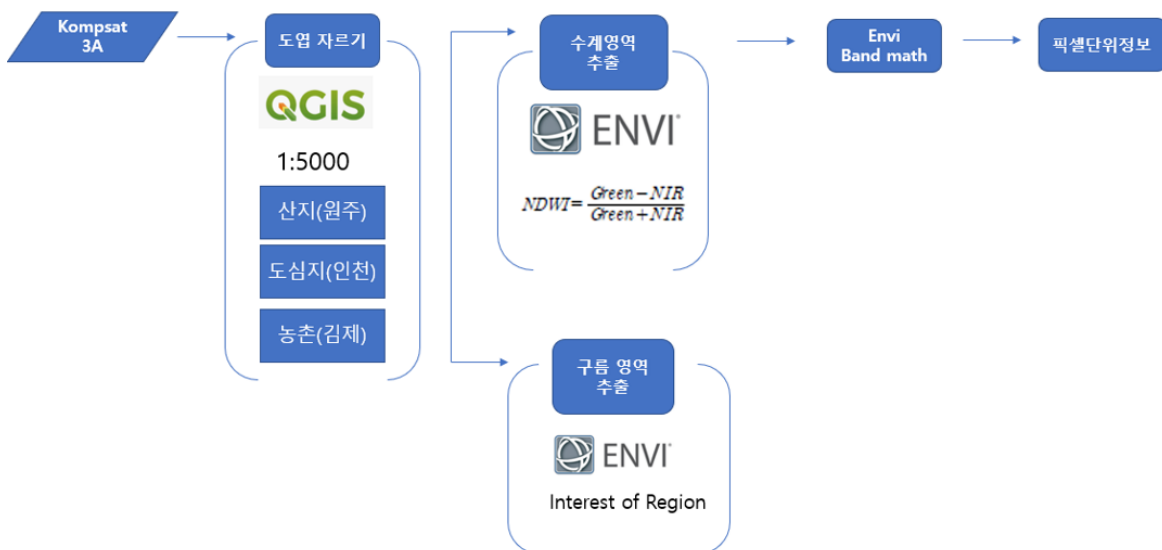
3) 산출물 제작 방법

QGIS의 영상 자르기 기능을 이용하여 도엽단위의 입력 영상을 생성한 다음 OTB의 Optical Calibration 기능을 이용하여 대기보정을 수행하여 표면반사율 영상을 생성했다(그림 4-5).



<그림 4-5> 표면반사율 영상 제작 과정

픽셀단위정보의 생성을 위해 ENVI를 이용하여 입력영상에 대한 픽셀 속성 분석 처리를 수행했다. 수계 영역 추출은 NDWI를 계산하여 추출했고, 구름 영역은 수동으로 추출했다(그림 4-6)(박주성 등, 2016).



<그림 4-6> 픽셀단위정보 제작 과정

가) 표면반사율영상 생성

표면반사율영상 생성을 위해 QGIS의 자르기 기능을 이용하여 입력영상을 생성했다. 이후, 밴드별 대기보정을 위해 OTB의 Monteverdi라는 영상시각화 도구 속 Optical Calibration 기능을 활용해 대기보정을 진행했다. 먼저, Optical Calibration 입력 파라미터는 Calibration level, 영상 취득 일자 및 시간, sun angle, Viewing angle, Gain or Bias, Sun Illumination 등이 있다. 여기서, Calibration level은 영상을 TOA, TOC 영상을 제작할 것인지 선택하는 것이며 영상 취득 일자 및 시간, Sun angle 등 대다수는 K3A영상의 메타데이터를 통해 취득했다. Illuminations는 'TOA Radiance Reflectance Conversion of KOMPSAT 1.5'을 참고했고, Gain or Bias와 Sun Illuminations의 경우 메타데이터에 취득한 자료를 .txt 파일 형태로 변환 후 데이터를 입력했다. 다음으로 대기환경관측값의 입력을 위해 AERONET에 접속했으나, 입력 데이터로 사용할 관련 대기환경관측 자료를 확보할 수가 없어서, SW에서 제공하는 기본 설정값을 사용했다.

나) 픽셀단위정보 생성

수계영역의 추출을 위해 ENVI의 band math기능을 이용하여 NDWI를 계산하고 해당 지수가 1.0보다 작은 값을 가진 화소를 수계로 판단했다. NDWI는 식생이나 지표면에 포함된 수분 함유량을 나타내는 지수로 널리 이용되고 있다. 또한, 위성영상에서 하천, 호수, 습지 등 수분을 다량으로 함유하고 있는 지형지물 탐지에 주로 사용된다. 추출된 수계영역은 ENVI의 Build Mask 기능을 이용하여 0과 1의 값으로 구성된 이진 마스크맵으로 변환된다. 이때 수계 정보가 존재하는 픽셀은 1의 값을 갖는다.

구름영역은 ENVI의 ROI 기능을 사용하여 구름 영역 폴리곤을 수동으로 추출하고, 이진화된 마스크맵을 생성했다. 이때 구름 정보가 존재하는 픽셀은 1의 값을 갖는다.

원본영상에서 도엽단위로 입력영상을 자를 때, 도엽의 형상이 직사각형 모양이 아니기 때문에 입력영상의 테두리 부분에 empty 픽셀이 존재한다. 이러한 empty 정보에 대해서는 픽셀단위 정보 생성이 어렵기 때문에 empty 속성으로 분류되며, 이 또한 이진 마스크맵으로 변환했다.

픽셀단위 정보는 한 개의 밴드 내에서 여러 속성들을 표현하기 위해 합성비트를 사용한다. 한 개의 픽셀은 16비트로 구성되어 있으며, 각 비트 자리수는 속성정보의 유무를 나타낸다. 표 4-2는 비트의 속성 정보를 보여준다. 샘플제작에서는 구름과 수계, empty 속성을 합성하는데, empty의 경우 무조건 1로 저장되기 때문에 총 4개의 합성비트 값이 계산될 수 있다. 표 4-2는 10진값으로 계산되는 합성비트의 종류를 나타낸다.

앞서 추출된 구름과 수계, empty 속성의 이진 마스크맵을 이용하여 각 픽셀의 합성비트를 계산

하고, 이를 10진수로 변환하여 저장하면 픽셀단위정보 생성이 완료된다. 그림 4-7은 합성비트를 10진수로 변환하여 16비트 자료형으로 저장한 픽셀단위정보 영상을 도시한 결과이다.

<표 4-2> 합성비트의 비트별 속성정보

Bit	Flag Description	Values
0	Fill	0 for image data 1 for fill data
1	Dilated Cloud	0 for cloud is not confidence is not high 1 for high confidence cloud
2	Unused	Unused
3	Cloud	0 for Cloud Confidence is not high 1 for high confidence cloud
4	Cloud Shadow	0 for Cloud Shadow Confidence is not high 1 for high confidence cloud shadow
5	Snow	0 for Snow/Ice Confidence is not high 1 for high confidence snow cover
6	Clear	0 if Cloud or Dilated Cloud bits are set 1 if Cloud and Dilated Cloud bits are not set
7	Water	0 for land or cloud 1 for water
8-9	Cloud Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Reserved 11 High confidence
10-11	Cloud Shadow Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Reserved 11 High confidence
12-13	Snow/Ice Confidence	00 for no confidence level set 01 Low confidence 10 Reserved 11 High confidence
14-15	Unused	Unused

<표 4-3> 픽셀속성 별 합성비트의 10진값

10진 값	12- 13	10- 11	8-9	7	6	5	4	3	2	1	0	픽셀 속성
900	00	00	11	1	0	0	0	1	0	0	0	수계+구름
772	00	00	11	0	0	0	0	1	0	0	0	구름
128	00	00	11	1	0	0	0	0	0	0	0	수계
1	00	00	00	0	0	0	0	0	0	0	1	empty

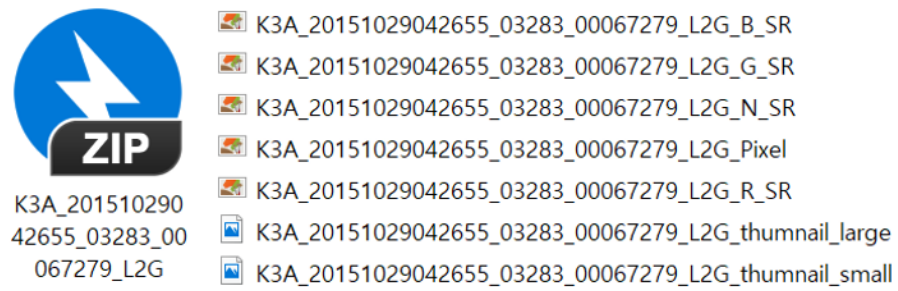


<그림 4-7> 픽셀단위정보 생성 결과

다) ARD 산출물 패키지 제작

ARD 산출물은 R, G, B, N 밴드의 표면반사율 영상 파일, 픽셀단위정보 파일, 그리고 썸네일 (thumbnail) 파일로 구성된다. 썸네일 파일은 small, large 두 개의 파일이 존재하는데 크기에 대한 규격이 아직 정의되지 않았기 때문에 임시로 small은 256x320, large는 512x640로 설정했다. 생성된 총 3개의 파일을 하나의 압축파일로 생성하고, 이를 ARD 산출물 패키지라고 정의한다.

그림은 3-25은 ARD 산출물 패키지 압축 파일과 내부에 저장된 파일의 목록을 보여준다.



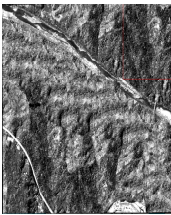
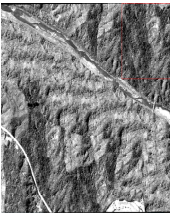
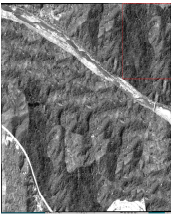
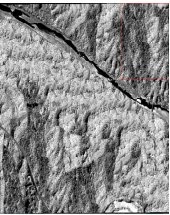
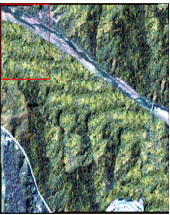
















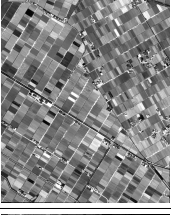
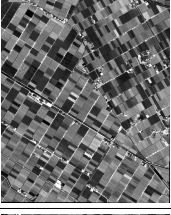
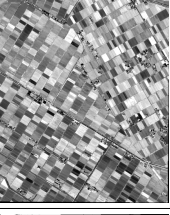

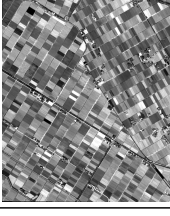
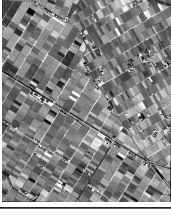
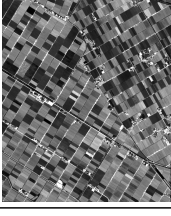


<그림 4-8> 산출물 패키지 압축파일과 저장파일 목록

4) 산출물 생성 결과

가) 표면반사율영상 생성 결과

표 4-4은 각 지역별 입력영상과 표면반사율 영상 생성 결과를 비교하여 보여준다. 값의 단위가 많이 바뀌고, 영상 뷰어 자체의 스트레칭 효과 등으로 인해 육안으로 비교 분석했을 때 큰 차이를 발견할 수 없었다. 표 4-5는 동일 픽셀의 화소값 변화 결과를 보여주는데, 각 밴드별 입력 영상의 DN값과 표면반사율 영상에서의 SR값이 크게 다른 것을 확인할 수 있다.

<표 4-4> 표면반사율 영상 생성 결과

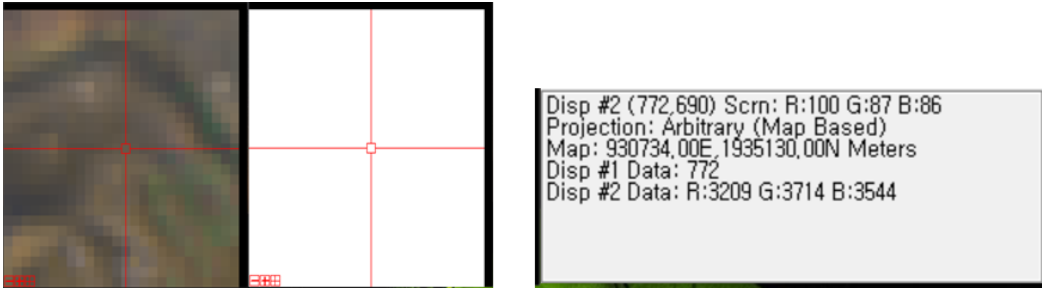
		R	G	B	N	RGB 영상
산악지	입력 영상					
	표면 반사율 영상					
도심지	입력 영상					
	표면 반사율 영상					
농촌지	입력 영상					
	표면 반사율 영상					

<표 4-5> 입력영상의 DN값과 표면반사율 값 비교

지형 특성	열 (px)	행 (px)	입력영상 뷰어 (R,G,B 합성)	밴드	입력영상 DN	SR
산악지	238	776		R	1040	0.094900
				G	1621	0.119522
				B	1784	0.174345
				N	1068	0.244330
도심지	596	333		R	4230	0.672833
				G	4491	0.534037
				B	3992	0.305992
				N	5569	1.000000
농촌지	268	467		R	2921	0.235850
				G	3499	0.228287
				B	2888	0.248527
				N	6993	1.000000

나) 픽셀단위정보 생성 결과

그림 4-9는 도심지(인천)의 입력영상(컬러밴드합성)과 픽셀단위정보의 동일 위치 픽셀의 화소값 차이를 보여준다. 해당 픽셀은 구름 속성이기 때문에 합성 비트값이 772로 저장되어있는 것을 알 수 있다. 표 4-6는 동일 위치 픽셀의 입력영상과 픽셀단위정보 화소값을 비교 검증한 결과이다.










<그림 4-9> 입력영상과 픽셀단위정보의 화소값 비교

<표 4-6> 픽셀단위정보 속성값 확인








입력 영상 (RGB)	픽셀단위정보	열 (px)	행 (px)	10 진값	합성비트	분석 결과
		567	564	900	00001110001000	구름+수계
		333	596	772	00001100001000	구름
		179	384	128	00001110000000	수계
		33	11	1	00000000000001	empty
		268	467	0	00000000000000	land

다) ARD 산출물 패키지 생성 결과








그림 4-10~12는 주요 지형별로 생성된 ARD 산출물 패키지 생성 결과를 보여준다.

 K3A_20151029042655_03283_00067279_L2G_B_SR
 K3A_20151029042655_03283_00067279_L2G_G_SR
 K3A_20151029042655_03283_00067279_L2G_N_SR
 K3A_20151029042655_03283_00067279_L2G_Pixel
 K3A_20151029042655_03283_00067279_L2G_R_SR
 K3A_20151029042655_03283_00067279_L2G_thumbnail_large
 K3A_20151029042655_03283_00067279_L2G_thumbnail_small

<그림 4-10> 산악지(원주) ARD 산출물 패키지

 K3A_20180119043153_15569_00040927_L2G_Pixel
 K3A_20180119043153_15569_00040927_L2G_R_SR
 K3A_20180119043153_15569_00040927_L2G_B_SR
 K3A_20180119043153_15569_00040927_L2G_G_SR
 K3A_20180119043153_15569_00040927_L2G_N_SR
 K3A_20180119043153_15569_00040927_L2G_thumbnail_large
 K3A_20180119043153_15569_00040927_L2G_thumbnail_small

<그림 4-11> 도심지(인천) ARD 산출물 패키지

 K3A_20171021044156_14209_00304862_L2G_B_SR
 K3A_20171021044156_14209_00304862_L2G_G_SR
 K3A_20171021044156_14209_00304862_L2G_N_SR
 K3A_20171021044156_14209_00304862_L2G_Pixel
 K3A_20171021044156_14209_00304862_L2G_R_SR
 K3A_20171021044156_14209_00304862_L2G_thumbnail_large
 K3A_20171021044156_14209_00304862_L2G_thumbnail_small

<그림 4-12> 농촌지(김제) ARD 산출물 패키지

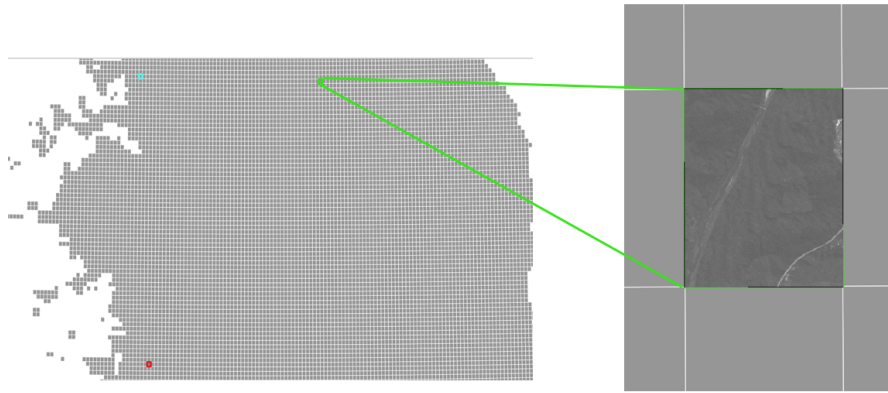
표 4-7은 샘플제작을 통해 제작된 ARD 산출물이 ARD 정의 과업을 통해 도출된 국토위성센터

ARD의 데이터 구성을 만족하는지 분석한 결과이다. 표면반사율영상에서 B, G, R, NIR 밴드 SR 영상과 축소영상의 부분은 만족하였으나, 영상 메타정보와 일반 메타정보의 경우 아직 규격화가 이뤄지지 않아서 생성할 수 없었다. 픽셀단위정보의 경우, 구름과 수계, 데이터신뢰도(구름)을 추출하여 픽셀단위정보를 생성했으므로 만족한다고 판단했다.

입력영상의 규격화가 잘 이뤄졌는지 확인하기 위해 남한지역 1:5,000 도엽 정보 레이어에 표면 반사율 영상을 오버랩하여 좌표계의 일치여부를 확인했다(그림 4-13). 이는 표면반사율 영상이 좌표계, 투영법, 원점 위치좌표, 영상 모서리 위치좌표의 규격화를 만족하는 것을 의미한다.

<표 4-7> 샘플제작 결과물의 국토위성센터 ARD 데이터 구성 만족여부

종류		내용	만족 여부
표면반사율영상(SR)		B·G·R·NIR 밴드 SR영상	○
		축소영상	○
		영상 메타정보	-
일반 메타정보	기하보정 정보	위치정확도	-
		좌표계	△
		투영법	△
		원점 위치좌표	△
		영상모서리 위치좌표	△
		타일 정보	-
	복사·대기보정 정보	기하보정법	-
		복사보정법	-
		대기보정법	-
		오존보정 보조자료(TBD)	-
		수증기보정 보조자료(TBD)	-
		에어로졸 보정 보조자료 (TBD)	-
		보정계수	-
		픽셀단위정보	구름
구름 그림자	-		
수계	○		
지형그림자	-		
지형폐색	-		
방사포화도(TBD)	-		
손실자료(TBD)	-		
누락자료(TBD)	○		
데이터신뢰도 (구름의 픽셀단위 신뢰도 등)	○		



<그림 4-13> 표면반사율 영상과 1:5,000 도엽 레이어 중첩 분석 결과

다. 결론

(이기원 등, 2019a)이 수행한 오픈소스기반 K3A 대기보정 처리 연구 내용을 참고하여, 국토위성센터 ARD 정의의 적정성을 검증하기 위해 샘플제작을 수행했다. 위성영상처리 오픈소스 도구인 Q-GIS, OTB, ENVI와 K3A 영상을 이용해 국토위성센터 ARD 정의에서 도출된 주요 산출물인 밴드별 표면반사율영상과 픽셀단위정보(일부)를 제작하고, 해당 자료가 ARD 정의를 만족하는지 확인하는 실험을 수행했다.

표면반사율영상 제작을 위해서 대기관측자료가 필요하지만, K3A에 대한 해당 자료를 확보할 수가 없었기 때문에, OTB의 Optical Calibration 기능에서 제공하는 기본 설정값을 사용하여 샘플제작을 진행했다. 결과적으로 입력영상과 밴드별로 생성된 표면반사율영상의 화소값을 비교하여 DN값이 SR값으로 변환된 것을 확인할 수 있었다.

픽셀단위정보영상제작 중 수계 추출에 있어 NDWI를 활용해 추출하였으나, 비슷한 화소값을 가지고 있는 영역이 과다 검출되었다. 추후에 픽셀단위 정보 탐지 기술 개발 시 수계 레이어와 같은 보조자료의 활용을 고려할 필요가 있다고 판단된다.

구름 영역 추출에 있어 입력 영상에서의 구름은 연무로써, 임계치를 활용한 구름 추출을 시도하였으나, 설정된 임계치 내 비슷한 화소값을 가진 영역도 함께 추출됐기 때문에 자동 처리가 어렵다고 판단되어 수동으로 추출했다.

샘플제작을 통해 ARD의 핵심 산출물인 표면 반사율 영상의 제작을 위해서는 대기관측자료 수집 방안 마련이 가장 시급하다고 판단되며, 고해상도 위성의 복사/대기보정 기술의 개발도 함께 진행될 필요가 있다고 생각된다. 픽셀단위정보의 경우 다양한 알고리즘 조사 및 실제 국토위성영상을 이용한 실험을 통해 최적의 알고리즘 개발이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- 국토교통부, '국토위성정보 수집 및 활용기술 개발', 최종보고서 제3권, 2020.
- 국토교통부, 국토연구원, 2016.12, '국토위성정보 활용분야 발굴 및 활용모델 개발 기반연구', 최종보고서 제3권(기술).
- 국토교통부, 국토지리정보원 국토위성센터, 2019.11.2., '국토관측전용위성 관리 위한 국토위성 센터 문 연다', 보도자료.
- 국토지리정보원, 2020, 기본공간정보 표준화 및 발전방향 수립 연구-보고서.
- 김보람, 오한, 2020, 다목적실용위성을 활용한 AI 학습용 구름 데이터셋 구축, GeoData, 2(2), 56-62.
- 김장수, 오정식, 2021, 위성영상을 이용한 서부임진강하구권역 내 DMZ 산불지역 회복성 분석. 한국지형학회지, 28(1), 83-99.
- 김준호, 문거성, 우진, 김성희, 신진호, 김재면, 2020, 2019년 천리안위성 2A호 복사·위치 보정 품질분석 보고서, 국가기상위성센터.
- 김태정, 2020.9, '[특집 | 지능형 국토관리시대의 국토위성정보 역할과 발전 방향 2] 고해상도 위성영상 활용을 위한 정밀영상 생성기술 국산화 개발 현황', 국토 계획과 정책.
- 김한결, 2017, GOCI-II에 적용 가능한 해양관측위성의 자동기하보정 기술개발, 인하대학교 석사학위논문.
- 김현숙, 이태윤, 허동석, 이수암, 김태정, 2017, 정지궤도 기상위성의 자동기하보정. 대한원격탐사학회지, 23(4), 297-309.
- 노수현, 2011, 지상 기준점을 이용한 위성 SAR 영상 기하 보정, 한국항공대학교 대학원 항공 전자공학과 석사학위 논문.
- 박주성, 이원희, 조명희, 2016, Landsat-8 OLI 영상과 식생 및 수분지수를 이용한 하천유역 토지피복분류 정확도 개선, 한국지리정보학회지.
- 박형준, 손종환, 신정일, 권기억, 김태정, 2019, Google Map을 이용한 GCP칩의 품질 분석, 대한원격탐사학회지 제35권 제6-1.
- 박형준, 손종환, 정형섭, 권기억, 이계동, 김태정, 2020, 국토관측위성용 정밀영상생성시스템 개발, 대한원격탐사학회지, 36(5-2), 881-891.
- 서두천, 이동한. 2005, 인공위성영상 전처리시스템의 RPC(Rational Polynomial Coefficients) 기하보정모듈 생성. 항공우주기술, 4(1), 229-238.

- 서두천, 정재현, 홍기병, 2014, 다목적실용위성(KOMPSAT)의 Inverse RPC 해석을 통한 정밀 지상좌표 결정 정확도. 항공우주기술, 제13권 2호, pp. 99-107.
- 성민규, 최선용, 장세진, 2014, 이중 위성센서 영상을 이용한 에피폴라 영상 제작, 한국측량학회지, 32(1), 39-47.
- 송정현, 오재홍, 2014, 아리랑 위성 2호와 3호를 이용한 이중 영상 간 에피폴라 영상 생성. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 17(4), pp. 156-166.
- 심성문, 임정호, 박수민, 2019, 착빙, GK-2A AMI Algorithm Theoretical Basis Document, version 1.1, 국가기상위성센터.
- 양이석, 염성수, 엄준식, 2019, 주간 구름광학두께 및 미세물리량 산출 알고리즘, GK-2A AMI Algorithm Theoretical Basis Document, version 1.0, 국가기상위성센터.
- 양지연, 서두천, 최혜선, 임효숙, 2009, DEM 및 GCP 특성에 따른 KOMPSAT-2 영상의 정사 보정 정확도 비교 분석. 2009 GIS 공동추계학술대회, pp. 424-430.
- 염준호, 김용일, 이재빈, 2015, 계층적 매칭 기법을 이용한 수치지도 건물 폴리곤 데이터의 자동 정합에 관한 연구. 한국측량학회지, 33(1), 45-52.
- 염준호, 김용일, 이재빈, 2015, 계층적 매칭 기법을 이용한 수치지도 건물 폴리곤 데이터의 자동 정합에 관한 연구. 한국측량학회지, 33(1), 45-52.
- 오관영, 2017, 고해상 위성영상의 효율적 영상융합과 자동기하보정 기법 -아리랑 영상을 활용하여, 서울시립대학교 대학원 박사학위 논문.
- 오관영, 정형섭, 이원진, 이동택, 2011, KOMPST-2 RPC를 이용한 3차원 위치결정 정확도 분석. 한국측량학회지, 제 29권, 제 1호, pp. 1-9.
- 오재홍, 이창노, 김동현, 정용환, 2014, 아리랑위성2호, 3호의 3차원 지형정보추출을 위한 지형 적응형 스테레오 매칭 기술 개발, 한국항공우주연구원 연구보고서.
- 윤성주, 손종환, 박형준 외, 2020, 국토위성정보 활용기술 및 운영시스템 개발: 성과 및 의의, 대한원격탐사학회지, 36(5-2), 867-879.
- 윤완상, 박형준, 김태정, 2018, 통합기준점을 이용한 KOMPSAT-3A 영상의 정밀센서모델링 가능성 분석. 대한원격탐사학회지34권 제6-1호: 1089-1100.
- 이광재, 오관영, 이원진, 2020, 최근 다목적실용위성 시리즈 활용 현황, 대한원격탐사학회지, 36(6-2), 1485-1492.
- 이광재, 윤희천, 김윤수, 2013, 아리랑위성 2호 한반도 정사모자이크영상 제작. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 16(3), pp. 103-114.
- 이기원, 김광섭, 2020, RadCalNet 자료를 이용한 다목적실용위성 3A 영상 자료의 지표 반사도 성과 검증, 대한원격탐사학회지, 36(2-1), 167-178.

- 이기원, 김광섭, 이선구, 김용승, 2019b, 다목적실용위성 자료의 오픈 데이터 큐브 적용을 위한 기본 고려사항. 한국지리정보학회지, 22(1), 62-77.
- 이기원, 김광섭. 오픈소스 기반 다목적실용위성 3A 호 영상자료의 지표면 반사도 영상 제작 실험. 대한원격탐사학회지, 2019a, 35.6: 1327-1339.
- 이미희, 천은지, 어양담, 2019, 재난 모니터링을 위한 Landsat 8 호 영상의 구름 탐지 및 복원 연구, 대한원격탐사학회지, 35(5), 861-871.
- 이서영, 최명제, 김준, 김미진, 임현광, 2017, GOCI 자료를 이용한 고해상도 에어로졸 광학 깊이 산출, 대한원격탐사학회.
- 이유진, 박형준, 김혜성, 김태정, 2020, 국토관측위성용 정밀영상생성시스템의 위치정확도 분석, 대한원격탐사학회지, 36(5-2), 893-906.
- 이재빈, 유기윤, 이창노, 송우석, 2008, RPC 모델의 보정을 통한 IKONOS-2 위성영상과 항공 레이저측량 자료의 정합에 관한 연구. 大韓土木學會論文集, 제 28권, 제 3D호, pp.437-444.
- 이현직, 유지호, 고영창, 2009, 지형공간정보 생성을 위한 KOMPSAT-2 영상의 활용성 분석. 한국지형공간정보학회지, 17(1), 21-35.
- 이효성, 서두천, 안기원, 정동장, 2013, RPC 조정에 의한 KOMPSAT-3 위성영상의 위치결정 정확도 분석, 한국측량학회지.
- 이효성, 안기원, IKONOS 위성영상의 외부표정요소로부터 정합선 수립에 의한 DEM 생성, 2006, 한국측량학회지.
- 정형섭, 2019, 적설깊이, GK-2A AMI Algorithm Theoretical Basis Document, version 1.1, 국가기상위성센터.
- 지준범, 이권호, 이규태, 2019, 에어로졸 광학두께 및 에어로졸 입자 크기(Aerosol Optical Depth, and Angstrom Exponent Product, GK-2A AMI Algorithm Theoretical Basis Document, version 1.0, 국가기상위성센터.
- 진청길, 박소영, 김형석, 천용식, 최철웅, 2010, 고해상도 영상의 정사보정 정확도 검증 및 밴드별 상관성 비교연구. 韓國地形空間情報學會誌, 第18卷, 第2號, pp. 35-45.
- 한경수, 이경상, 2019, 지표면 반사도(Surface Albedo), GK-2A AMI Algorithm Theoretical Basis Document, version 1.0, 국가기상위성센터.
- 한국방송통신전파진흥원, 2014, 위성지도 서비스 시스템 동향 분석 - 구글 사례를 중심으로, 방송통신기술 이슈&전망 2014년 제 60호.
- 한국항공우주연구원, 국내 위성영상 산업 현황 및 발전 방향, 위성정보활용워크샵 2020.
- 한유경, 변영기, 채태병, 김용일, 2011, KOMPSAT-2 영상과 TerraSAR-X 영상 간 자동기하보정, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제29권, 제6호, pp. 441-449.

- Abelleyraa, D. and S. R. Veron, 2014. Comparison of different BRDF correction methods to generate daily normalized MODIS 250 m time series, Remote Sensing of Environment, 140: 46-59.
- Marsetic, A., Ostir K., and Fras, M. K., Automatic orthorectification of high-resolution optical satellite image using vector roads, 2015, IEEE.
- CEOS, Analysis Ready Data Strategy, 2019.
- CEOS, CARD4L Framework, <https://ceos.org/ard/files/CARD4L-Framework-V2.0.pdf>, Accessed on July 14, 2021b.
- CEOS, Product Alignment Assessment, <https://ceos.org/ard/files/PAA-V3.0.pdf>, Accessed on July 14, 2021c.
- CEOS, Product Family Specification (CARD4L-SR) v5.0, https://ceos.org/ard/files/PFS/SR/v5.0/CARD4L_Product_Family_Specification_Surface_Reflectance-v5.0.pdf, Accessed on July 14, 2021a.
- Chang Suk Lee, Jong Min Yeom, Han Lim Lee, Jae-Jin Kim & Kyung-Soo Han, Sensitivity analysis of 6S-based look-up table for surface reflectance retrieval, 2015, Springer.
- Hoja, D., Schneider, M., Muller, R., Lehner, M., Reinartz, P., COMPARISON OF ORTHORECTIFICATION METHODS SUITABLE FOR RAPID MAPPING USING DIRECT GEOREFERENCING AND RPC FOR OPTICAL SATELLITE DATA, 2008, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.
- Dittmeier, R., Zanter, K., 2018, Landsat Dynamic Surface Water Extent (DSWE) Algorithm Description Document (ADD), version 1.0, USGS.
- Erdogan, M., Yilmaz, A., Eker, O., 2016, The georeferencing of RASAT satellite imagery and some practical approaches to increase the georeferencing accuracy.
- ESA, Level-2A algorithm theoretical basis document, 2021.
- ESA, Level-2A input output data definition, 2016.
- ESA, Sentinel-2 user handbook, 2015.
- ESA, snap-supported-plugins, <http://step.esa.int/main/snap-supported-plugins/sen2cor/>, Accessed on July 14, 2021b.
- Fang, H., Wei, Y., Luo, H., & Hu, Q., 2019, Detection of Building Shadow in Remote Sensing Imagery of Urban Areas With Fine Spatial Resolution Based on

- Saturation and Near-Infrared Information. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 12(8), 2695-2706.
- Gao, B. C. , 1996, NDWI: A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid waterfrom space. Remote sensing of environment, 58(3), 257-266.
- Gong, D.-c. , Zhang, Y.-s. , Deng, X.-q., 2004, A Study on the Epipolarity of Linear CCD Push-broom Images, Jounal of Remote Sensing-Beijing, Vol.8, No.2, 101-105.
- Gu, L., Ren, R., and Wang, H., 2010, "MODIS imagery geometric precision correction based on longitude and latitude information," The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, vol. 17, pp. 73-78.
- Han, H., Han, C., Lan, T., Huang, L., Hu, C., & Xue, X., 2020, Automatic shadow detection for multispectral satellite remote sensing images in invariant color spaces. Applied Sciences, 10(18), 6467.
- JNCC, Simple ARD Service, <https://jncc.gov.uk/our-work/simple-ard-service/>, Accessed on July 14, 2021.
- Kajiya, J. T., 1983, New Techniques for Ray Tracing Procedurally Defined Objects. ACM Transactions on Graphics, Vol. 2, No. 3, pp. 161-181.
- Karami, E., S. Prasad, and M. Shehata, 2015, "Image Matching Using SIFT, SURF, BRIEF, and ORB: Performance Comparison for Distorted Images," in Proceedings of the 2015 Newfoundland Electrical and Computer Engineering Conference, St. John's, Canada, November, 2015.
- KARI and SIIS, KOMPSAT-3A Product Specifications Image Data Manual, 2020.
- Kay, T. L., Kajiya, J. T., 1986, Ray Tracing Complex Scenes. ACM SIGGRAPH Computer Graphics, Volume 20 Issue 4.
- Kriebel, K. T. (1979). Albedo of vegetated surfaces: Its variability with differing irradiances. Remote Sensing of Environment, 8(4), 283-290.
- Lee, C. S., & Han, K. S. (2013). Comparison of Two Semi-Empirical BRDF algorithms using SPOT/VGT. Korean Journal of Remote Sensing, 29(3), 307-314.
- Lee, H., Ru, J., Yu, Y., and Lee, K., 2008, Generation of geospatial information using Kompsat-2 imagery, Proceeding in ISRS 2008, Oct, Daejoen, unpaginated CD-ROM.
- Lee, K. S., Chung, S. R., Lee, C., Seo, M., Choi, S., Seong, N. H., ... & Han, K. S.

- (2020). Development of Land Surface Albedo Algorithm for the GK-2A/AMI Instrument. *Remote Sensing*, 12(15), 2500.
- Ling, X.; Zhang, Y.; Xiong, J.; Huang, X.; Chen, Z., 2016, An image matching algorithm integrating global srtm and image segmentation for multi-source satellite imagery. *Remote Sens.* 672.
- Long, T., Jiao, W., 2012, The geometric correction model based on areal features for multisource images rectification. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci.* XXXIX-B1, 245-249.
- Lucht, W., Schaaf, C. B., & Strahler, A. H. (2000). An algorithm for the retrieval of albedo from space using semiempirical BRDF models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*, 38(2), 977-998.
- Malthus, T. J., Lehmann, E., Ho, X., Botha, E., & Anstee, J. , 2019, Implementation of a satellite based inland water algal bloom alerting system using analysis ready data. *Remote Sensing*, 11(24), 2954.
- MAXAR, Future of Remote Sensing and Data Quality, 2020b.
- MAXAR, MAXAR Analysis-Ready Data, 2020a.
- MAXAR, Using ARD to Minimized Preprocessing and Accelerate Your Pixel-to-Answer Workflow, 2021.
- McFeeters, S. K. , 1996, The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.
- Min, J. E., Ryu, J. H., Ahn, Y. H., Palanisamy, S., Deschamps, P. Y., & Lee, Z. P. (2010). Atmospheric and BRDF Correction Method for Geostationary Ocean Color Imagery (GOCI). *Korean Journal of Remote Sensing*, 26(2), 175-188.
- Planet, Planet imagery product specifications, 2016.
- Planet, Planet imagery product specifications: PlanetScope & RapidEye, 2020.
- Ranson, K. J., Irons, J. R., & Daughtry, C. S. T. (1991). Surface albedo from bidirectional reflectance. *Remote sensing of Environment*, 35(2-3), 201-211.
- Remondino, F.; Spera, M.G.; Nocerino, E.; Menna, F.; Nex, F., 2014, State of the art in high density image matching. *The Photogrammetric Record*. 144-166.
- Ren, J., Shao, Y., Wan, H., Xie, Y., & Campos, A, (2021), A two-step mapping of irrigated corn with multi-temporal MODIS and Landsat analysis ready data, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 176: 69-82.

- Rhee, S., Jeong, J., and Kim, T., 2009, DEM generation from Kompsat-2 images and accuracy comparison by using common software, Korean Journal of Remote Sensing, Vol.25, No. 4, pp. 359-366.
- Roujean, J.L., M. Leroy, and P.Y. Deschamps, 1992. A bidirectional reflectance model of the Earth's surface for the correction of remote sensing data, Journal of Geophysical Research, 97 (D18): 20455-20468.
- Sarabandi, P., Yamazaki, F., Matsuoka, M., & Kiremidjian, A. , 2004, September, Shadow detection and radiometric restoration in satellite high resolution images. In IGARSS 2004. 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Vol. 6, pp. 3744-3747). IEEE.
- Sayler, K., Zanter., K., 2020, Landsat 8 Collection 1 (C1) Land Surface Reflectance Code (LaSRC) Product Guide, version 3.0, USGS.
- Sayler, K., Zanter., K., 2021, Landsat Fractional Snow Covered Area (fSCA) Algorithm Description Document (ADD), version 2.0, USGS.
- Shen, X. Liu, B.; Li, Q.Q., 2017, Correcting bias in the rational polynomial coefficients of satellite imagery using thin-plate smoothing splines. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2017, 125, 125-131.
- Starks, P. J., Norman, J. M., Blad, B. L., Walter-Shea, E. A., & Walthall, C. L. (1991). Estimation of shortwave hemispherical reflectance (albedo) from bidirectionally reflected radiance data. Remote sensing of Environment, 38(2), 123-134.
- Foga, S., Scaramuzza, P. L., Guo, S., Zhu, Z., Dilley, R. D., Beckmann, T., Schmidt, G. L., Dwyer, J. L., Hughes, M. J., Laue, B., 2017. Cloud detection algorithm comparison and validation for operational Landsat data products. Remote sensing of environment, 194, 379-390.
- Toutin, T., 2011, State of the art of geometric correction of remote sensing.
- USGS, Landsat 4-7 Collection 2 Level 2 Science Product Guide, 2020b
- USGS, Landsat Collection 1 vs Collection 2 summary, 2021a.
- USGS, Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus(ETM+) Collection 2 Level 2 Data Format Control Book (C2L2 DFCB), 2020c.
- USGS, Landsat Thematic Mapper(TM) Collection 2 Level 2 Data Format Control Book (C2L2 DFCB), 2020b.
- USGS, U.S. Landsat Collection 1(C1) Analysis Data(ARD) Data Format Control Book (DFCB), 2020a.

- Valovcin, F. R. , 1976, Snow/cloud discrimination (No. 349). Air Force Geophysics Laboratories, Air Force Systems Command, United States Air Force.
- Wang, T., Shi, J., Letu, H., Ma, Y., Li, X., & Zheng, Y. , 2019, Detection and removal of clouds and associated shadows in satellite imagery based on simulated radiance fields. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(13), 7207-7225.
- Wegner, Jan Dirk; Auer, Stefan; Soergel, Uwe, Extraction and Geometrical Accuracy of Double-bounce Lines in High Resolution SAR Images, 2010, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.
- Wikipedia, Normalized Difference Vegetation Index. Accessed on June 24th 2021.
- Xiong, Q., Wang, Y., Liu, D., Ye, S., Du, Z., Liu, W., ... & Zhang, X. , 2020, A Cloud Detection Approach Based on Hybrid Multispectral Features with Dynamic Thresholds for GF-1 Remote Sensing Images. *Remote Sensing*, 12(3), 450.
- Jang, Y.J., Oh, J.H., and Lee, C.N., 2020, Urban Building Change Detection Using nDSM and Road Extraction. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*. 38(3). 237-246.
- Yeom, J., K. Han, and Y. Kim, 2005. A Reflectance Normalization Via BRDF Model for the Korean Vegetation using MODIS 250m data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 21(6): 445-456 (in Korean with English abstract).
- Yeom, Jong-Min, Jisoo Hwang, Cheong-Gil Jin, Dong-Han Lee, and Kyung-Soo Han, 2016. Radiometric Characteristics of KOMPSAT-3 Multispectral Images Using the Spectra of Well-Known Surface Tarps, *IEEE TRANSACTIONSON GEOSCIENCE AND REMOTESENSING*, 54(10):5914-5924.
- Zhong, B., Chen, W., Wu, S., Hu, L., Luo, X., & Liu, Q. , 2017, A cloud detection method based on relationship between objects of cloud and cloud-shadow for Chinese moderate to high resolution satellite imagery. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(11), 4898-4908.
- Zhou, Y., Q. Yu, S. Hua, W. Yin, Y. Li, 2013, An automatic global-to-local image registration based on SIFT and thin-plate spline (TPS), in: *Proceedings on IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, pp. 2535-2538.
- Zhuge, X. Y., Zou, X., & Wang, Y. , 2017, A fast cloud detection algorithm applicable to monitoring and nowcasting of daytime cloud systems. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(11), 6111-6119.

부록

부록 1. 국토위성센터 ARD 구축 중장기 로드맵 추진과제 세부 내용

① 사용자 친화형 영상제품 생산 기술 개발

□ 사용자 친화형 영상 제품 생산을 위한 연구개발

- 표면반사율 생산 기술 개발
- 픽셀단위정보 생산 기술 개발

□ 사용자 친화형 영상 제품 시범제작

- 국토위성기반 사용자 친화형 영상 제품 시범제작
- 사용자 친화형 영상 제품 설명서 제작

□ 사용자 친화형 영상 제품 시범제작

- 시범제작 결과 검증
- 자동 생산을 위한 주요 기능 및 인프라 요구사항 도출
- 사용자 친화형 영상 제품 품질관리 방안 마련

□ 사업 예산 및 근거

- 기간: '21.08 ~'22.03
- 예산: 3억

구분	항목	예산 (억원)
기술개발	절대복사보정 산출 방안 수립	1.5
	국토위성용 대기보정 알고리즘 개발	
	국토위성용 픽셀단위정보 생성 기술 개발	
시범제작 및 검증	국토위성기반 사용자 친화형 영상 제품 시범제작	1.0
	국토위성센터 ARD 사양 정의	
	시범제작 결과 검증	
지속적 구축방안 마련	외부 보조자료 수집 및 국토위성센터 연계 방안 설계	0.5
	자동생산 기능 및 인프라 요구사항 도출	
	절대복사보정계수 주기적 갱신 방안 수립	
	절대복사보정계수 주기적 갱신 방안 수립	
	검·보정 및 품질관리 방안 마련	
계		3

② 사용자 친화형 영상제품 생산 SW 개발

□ 국토위성용 표면반사율 영상 생성 SW 개발

- 국토위성센터 ARD 산출물 서비스를 위한 표면반사율 영상 생성 소프트웨어 설계 및 개발
- 국토위성 수집·활용시스템과 표면반사율 영상 생성 소프트웨어 연동 기능 구현
- 외부 보조자료(대기관측자료 등) 수집 시스템 개발

□ 국토위성용 픽셀단위정보 생성 SW 개발

- 국토위성영상 내 픽셀단위 정보 생성 소프트웨어 설계 및 개발
- 국토위성 수집·활용시스템과 픽셀단위정보 생성 소프트웨어 연동 기능 구현
- 품질속성밴드로부터 특정 속성값을 이용한 이진마스크영상을 생성하는 변환기 개발

□ 국토위성센터 ARD 산출물 품질향상 방안 연구

- 국토위성영상 복사·대기보정 품질향상 방안 연구
- 국토위성영상 기하보정 품질향상 방안 연구

□ 사업 예산 및 근거

- 기간: '22.04 ~ '22.12
- 예산: 10억

구분	항목	예산 (억원)
표면반사율 영상 SW 제작	표면반사율 영상 생성 소프트웨어 설계 및 개발	4
	국토위성 수집·활용시스템과 SW 연동 기능 구현	
	외부 보조자료 수집 시스템 개발	
픽셀단위정보 생성 SW 제작	픽셀단위정보 생성 소프트웨어 설계 및 개발	4
	국토위성 수집·활용시스템과 SW 연동 기능 구현	
	변환기 개발	
품질향상 방안 연구	주기적 검·보정 체계 구축	2
	산출물 품질 관리 체계 구축	
	기준점 고도화 방안 연구	
계		10

③ ARD 기초기술 고도화

□ 대기보정 기술 고도화

- 표면반사율영상 생성 SW와 외부 보조자료 수집 시스템 연계
- 국토위성용 대기보정을 위한 복사전달모델의 LUT 구축
- LUT를 이용하여 표면반사율을 계산하는 대기보정 라이브러리 개발
- 주기적 검·보정 체계 운영
- 산출물 품질 관리 체계 운영

□ 전지구 기하보정 기술 개발

- 전지구 기준점 DB 구축 및 관련 기술 개발
- 국토위성영상 전지구 정밀기하보정 기술 및 관련 모듈 개발
- 전지구 정밀기하수립이 완료된 영상(L2R) 생성 기술 개발

□ 한반도 기준점·DEM DB 고도화

- 남한지역 고정밀 기준점 DB 추가 구축 및 검증
- 정밀 궤도모델링을 통한 북한지역 기준점 갱신 기술 개발
- 다중촬영영상 기반 기준점 고도화 기술 개발
- 한반도 DEM DB 구축 및 갱신

□ 표면반사율영상 생성 SW 고도화

- 대기보정 라이브러리 적용
- 상대대기보정 모듈 개발 및 적용
- 국토위성영상 대리검보정 실험을 통한 산출물 품질 향상 방안 연구

□ 정밀정사영상 생성 SW 고도화

- 전지구 L2 생산을 위한 기준점 구축 기술 개발
- 전지구 정밀정사영상 생성 기술 개발 및 관련 DEM DB 구축
- L2 정밀정사영상 생성 시스템 설계 및 개발
- 점진적 전지구 기준점 구축기술 및 관련 모듈 개발
- 국토위성정보 운영시스템 연계통합 및 산출물 정확도 검증

□ 사업 예산 및 근거

- 기간: '23.01 ~'24.12
- 예산: 30억

구분	항목	예산 (억원)
대기보정 기술 고도화	표면반사율영상 생성 SW와 외부 보조자료 수집 시스템 연계	4
	국토위성용 대기보정을 위한 복사전달모델의 LUT 구축	
	LUT기반 대기보정 라이브러리 개발	
	주기적 검·보정 체계 운영	
	산출물 품질 관리 체계 운영	
전지구 기하보 정 기술 개발	전지구 기준점 DB 구축 및 관련 기술 개발	4
	국토위성영상 전지구 정밀기하보정 기술 및 관련 모듈 개발	
	전지구 정밀기하수립이 완료된 영상(L2R) 생성 기술 개발	
한반도 기준 점·DEM DB 고도화	남한지역 고정밀 기준점 DB 추가 구축 및 검증	10
	정밀 궤도모델링을 통한 북한지역 기준점 갱신 기술 개발	
	다중촬영영상 기반 기준점 고도화 기술 개발	
	한반도 DEM DB 구축 및 갱신	
표면반사율영상 생성 SW 고도화	대기보정 라이브러리 적용	4
	상대대기보정 모듈 개발 및 적용	
	국토위성영상 대리검보정 기반 산출물 품질 향상 방안 연구	
정밀정사영상 생성 SW 고도화	전지구 정밀정사영상 생성 기술 개발 및 관련 DEM DB 구축	8
	L2 정밀정사영상 생성 시스템 설계 및 개발	
	점진적 전지구 기준점 구축기술 및 관련 모듈 개발	
	국토위성정보 운영시스템 연계통합 및 산출물 정확도 검증	
계		30

④ ARD 활용 활성화 방안 기획연구

□ 국토위성센터 ARD 활용 활성화 촉진 방안 마련

- ARD 활용 사용자그룹 참여 관심 기관 현황 분석
- 국토위성센터 ARD 활용 사용자그룹 구성 및 운영 방안
- 국토위성센터 ARD 활용 사용자그룹 운영을 위한 자문 위원회 구성 및 운영
- 국토위성센터 ARD 활용 확대를 위한 대외 홍보 방안(경진대회/공모전/학술활동 등)

□ 국토위성센터 ARD 활용 협업 파트너 발굴 방안 마련

- 국토위성센터 ARD 활용 사용자그룹 참여 관심 기관의 협업 요소 조사 및 분석
- 국토위성센터 ARD 활용 관련 해외 기관 협업 요소 조사 및 분석

□ 사업 예산 및 근거

- 기간: '22.01 ~'22.12
- 예산: 2억

구분	항목	예산 (억원)
국토위성센터 ARD 활용 활성화	국토위성센터 ARD 활용 사용자그룹 구성 및 운영 방안 마련	1
	사용자그룹 운영을 위한 자문 위원회 구성 및 운영	
	국토위성센터 ARD 활용 확대를 위한 대외 홍보 방안 마련	
협업 파트너 발굴	사용자그룹 참여 관심 기관의 협업 요소 조사 및 분석	1
	해외 기관 협업 요소 조사 및 분석	
계		2

⑤ ARD 활용 활성화 추진

□ ARD 활용 사용자 협의체 운영 및 협업체계 강화

- 국토위성센터 ARD 활용 사용자 그룹 구성 및 운영
- 국토위성센터 ARD 활용 워크숍 개최
- 국토위성센터 ARD 활용 확대를 위한 대외 홍보 및 학술 활동 지원
 - ARD 활용 저변 확대를 위한 경진대회 및 공모전 개최
 - ARD 활용 교육 프로그램 개발
 - ARD 활용 성과 확산을 학술 활동 지원

□ ARD 활용 해외 파트너 협업체계 구축 추진

- ARD 활용 협력 해외 기관 발굴
 - 협력 가능 해외 기관 방문 등을 통한 해외 기관 발굴
- ARD 활용 협력 해외 기관과의 협력 관계 구축
 - 국토위성센터 ARD 활용 성과 공유 회의 개최 등을 통한 해외 협력 네트워크 구축
- ARD 활용 해외 기관과의 협력 방안 도출
 - ARD 활용 해외 기관과의 워크숍 개최 등을 통한 협력 방안 도출

□ 사업 예산 및 근거

- 기간: '23.01 ~ '24.12
- 예산: 8억

구분	항목	예산 (억원)
ARD 활용 협업체계 강화	국토위성센터 ARD 활용 사용자 그룹 구성 및 운영	4
	국토위성센터 ARD 활용 워크숍 개최	
	국토위성센터 ARD 활용 확대를 위한 대외 홍보 및 학술 활동 지원	
ARD 활용 해외 파트너 협업체계 구축	ARD 활용 협력 해외 기관 발굴	4
	ARD 활용 협력 해외 기관과의 협력 관계 구축	
	ARD 활용 해외 기관과의 협력 방안 도출	
계		8

⑥ ARD 서비스 고도화

□ 국토위성센터 ARD 서비스 고도화 기획연구

- 국토위성영상 복사·대기보정 품질향상 방안 연구
- 국토위성영상 기하·정사보정 품질향상 방안 연구
- 국토위성센터 ARD 활용 방안 연구
- 항공·위성영상 융복합을 통한 ARD 생성 방안 연구
 - 항공촬영 현황 분석
 - 항공 ARD 서비스를 위한 자료취득 및 처리기술 연구
 - 이종영상 융복합 처리를 통한 ARD 생성 방안 연구
- 융복합 ARD 활용 방안 연구
- 사용자 요구사항(URD) 파악 및 서비스 반영 방안 연구

□ 고해상도 위성 ARD 규격 수용 방안 연구

- 고해상도 위성 ARD 규격화 현황 분석
- 고해상도 위성 ARD 규격화 수용 방안 수립
- 국토위성센터 ARD 자체/동료평가 방안 수립
- 국토위성센터 ARD 산출물 사양 문서 규격화

□ 사업 예산 및 근거

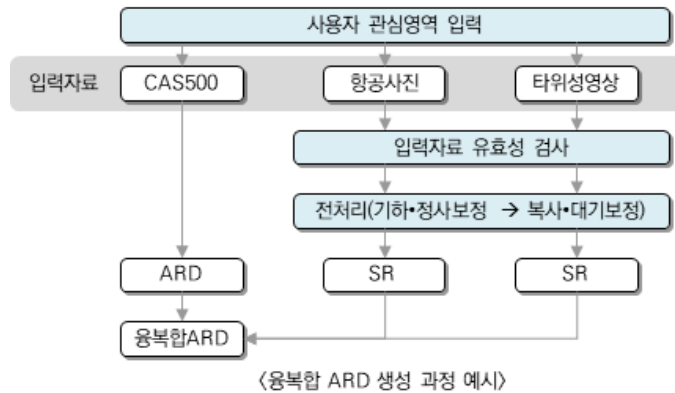
- 기간: '22.01 ~'22.12
- 예산: 6억

구분	항목	예산 (억원)
ARD 서비스 고도화	국토위성영상 복사·대기보정 품질향상 방안 연구	3
	국토위성영상 기하·정사보정 품질향상 방안 연구	
	국토위성센터 ARD 활용 방안 연구	
	항공·위성영상 융복합을 통한 ARD 생성 방안 연구	
	융복합 ARD 활용 방안 연구	
ARD 규격 수용 방안	고해상도 위성 ARD 규격화 현황 분석	3
	고해상도 위성 ARD 규격화 수용 방안 수립	
	국토위성센터 ARD 자체/동료평가 방안 수립	
	국토위성센터 ARD 산출물 사양 문서 규격화	
계		6

7 융복합 ARD 플랫폼 개발

□ 융복합 ARD 자료 생성 기술 개발

- 융복합 ARD 사용자 요구사항 수집 및 분석
- 융복합 ARD 입력자료 검토 및 선정 (타 위성영상 및 항공사진까지 고려함)
- 이종영상 입력자료 유효성 검토 시스템 설계
- 국토위성센터 ARD와 이종영상의 융복합 기술 개발



<그림 부록-1> 융복합 ARD 생성 과정 예시

□ 융복합 ARD 자료 생성 플랫폼 개발

- 융복합 ARD 자료 생성 플랫폼 설계
- 융복합 ARD 생산 SW 개발
- 융복합 ARD 자료 생성 플랫폼 개발

□ 사업 예산 및 근거

- 기간: '23.01 ~ '24.12
- 예산: 20억

구분	항목	예산 (억원)
융복합 ARD 생성 기술	융복합 ARD 사용자 요구사항 수집 및 분석	8
	융복합 ARD 입력자료 검토 및 선정	
	이종영상 입력자료 유효성 검토 시스템 설계	
	국토위성센터 ARD와 이종영상의 융복합 기술 개발	
융복합 ARD 생성 플랫폼	융복합 ARD 자료 생성 플랫폼 설계	12
	융복합 ARD 생산 SW 개발	
	융복합 ARD 자료 생성 플랫폼 개발	
계		20

8 전지구 ARD 활용기술 개발

□ 국토위성정보 L3/L4 활용산출물 생산기술 및 시스템 개발

- 영상처리 산출물 생산 기술 개발
- 객체추출 산출물 생산 기술 및 시스템 개발
- 변화탐지 산출물 생산 기술 및 시스템 개발
- 3D 산출물 고도화 기술 및 시스템 개발
- 식생지수 산출물 생산기술 및 시스템 개발
- 세부 활용주제도 생산기술 및 시스템 개발

□ 사업 예산 및 근거

- 기간: '25.01 ~'26.12
- 예산: 40억

구분	항목	예산 (억원)
전지구 ARD 활용기술 개발	영상처리 산출물 생산 기술 개발	5
	객체추출 산출물 생산 기술 및 시스템 개발	7
	변화탐지 산출물 생산 기술 및 시스템 개발	7
	3D 산출물 고도화 기술 및 시스템 개발	7
	식생지수 산출물 생산기술 및 시스템 개발	7
	세부 활용주제도 생산기술 및 시스템 개발	7
계		40

9 융복합 ARD 활용기술 개발

□ 이종영상 융복합처리 플랫폼 구축

- 이종영상기반 활용모델 수립
- 영상종류별 획득수단 및 기본처리 기술/시스템 개발
- 다중위성영상·다중플랫폼 간 융복합처리 기술 개발
- 이종영상을 이용한 복합활용산출물 생산 기술 개발
- 이종영상 수집/저장관리/처리/서비스를 위한 이종영상 융복합처리 플랫폼 설계 및 개발
- 이종영상 융복합처리 플랫폼 운영을 통한 활용모델 검증

□ 한국형 AI를 위한 국토위성영상 데이터댐 구축

- 국토위성영상을 이용하여 AI 적용을 위한 데이터댐 및 서비스 설계
- 지역별/시기별/객체별 데이터댐 구축기술 개발
- 정형-비정형 데이터간 연계기술 개발
- 국토위성영상 빅데이터 분석 및 예측기술 개발
- 국토위성영상 데이터댐 구축 및 서비스 플랫폼 설계 및 개발
- 구축된 데이터댐을 이용하여 국토위성 활용분야별 AI 기반 예측모델 시범적용

□ 사업 예산 및 근거

- 기간: '25.01 ~'26.12
- 예산: 40억

구분	항목	예산 (억원)
이종영상 융복합처리 플랫폼 구축	이종영상기반 활용모델 수립	25
	영상종류별 획득수단 및 기본처리 기술/시스템 개발	
	다중위성영상·다중플랫폼 간 융복합처리 기술 개발	
	이종영상을 이용한 복합활용산출물 생산 기술 개발	
	이종영상 융복합처리 플랫폼 설계 및 개발	
	이종영상 융복합처리 플랫폼 운영을 통한 활용모델 검증	
한국형 AI를 위한 국토위성 영상 데이터댐 구축	국토위성영상을 이용하여 AI 적용을 위한 데이터댐 및 서비스 설계	15
	지역별/시기별/객체별 데이터댐 구축기술 개발	
	정형-비정형 데이터간 연계기술 개발	
	국토위성영상 빅데이터 분석 및 예측기술 개발	

	국토위성영상 데이터댐 구축 및 서비스 플랫폼 설계 및 개발	
	국토위성 활용분야별 AI 기반 예측모델 시범적용	
계		40

부록 2. ARD 산출물 생성 기초기술 개발 제안요구서(안)

2021년도

제 안 요 구 서

사 업 명	국토위성센터 ARD 산출물 사양 정의 및 기초기술 개발
주관기관	(주)쓰리디랩스 컨소시엄

인천광역시 연수구 송도과학로 56, 1610호(송도동, 테크노파크BT센터)

주식회사 쓰리디랩스

대표이사 김 태 정

국토지리정보원장 귀하

목 차

I. 설계 설명서	1
1. 제안 사업명	1
2. 추진배경 및 목적	1
3. 과업기간	1
4. 주요 과업내용	2
5. 관련사업 현황	2
II. 과업내용	4
1. 사용자 친화형 영상 제품 생산을 위한 연구개발	4
2. 사용자 친화형 영상 제품 시범제작	4
3. 시범제작 결과 검증 및 지속적 구축 방안 마련	5

1. 제안 사업명

- 국토위성센터 ARD 산출물 사양 정의 및 기초기술 개발

2. 추진배경 및 목적

- (배경) 전 세계적으로 중해상도 뿐만 아니라 고해상도 위성영상으로 표면반사율영상을 생성하고 이를 ARD로 제공하는 서비스를 추진 중 이거나 준비하는 추세임
- 국가기본도 활용을 위한 사용자 친화형 영상 제품 구축 기획연구사업 등의 관련 사업 및 연구를 통해 사용자 친화형 영상 제품(이하 ARD*) 서비스를 위한 핵심 기술 개발 및 ARD 산출물 사양 정의의 필요성이 도출됨

* Analysis Ready Data : 사용자가 최소한의 노력으로 즉시 분석가능하고 다른 자료와 시계열적으로 상호운용 가능한 형태로, 최소한의 요구조건 내에서 처리된 자료로써, 표면반사율영상과 픽셀단위정보를 제공함 (CEOS** 정의)

** Committee on Earth Observation Satellites: 우주기반 지구관측 자료 교환 조정을 위한 위원회

- 따라서, 고해상도의 국토위성영상에 적합한 대기보정 기술을 개발하고 이를 적용하여 생성되는 ARD 산출물의 사양 정의가 필요함
- (목적) 국토위성센터 ARD 서비스 구축을 위한 ARD 산출물 사양 정의 및 기초기술 개발

3. 과업기간

- 과업기간 : 착수일로부터 240일

4. 주요 과업내용

○ 사용자 친화형 영상 제품 생산을 위한 연구개발

- 표면반사율(Surface Reflectance) 생산 기술
- 픽셀단위정보 생산 기술

○ 사용자 친화형 영상 제품 시범제작

- 국토위성기반 사용자 친화형 영상 제품 시범제작
- 사용자 친화형 영상 제품 설명서 제작

○ 시범제작 결과 검증 및 지속적 구축 방안 마련

- 시범제작 결과 검증
- 자동 생산을 위한 주요 기능 및 인프라 요구사항 도출
- 사용자 친화형 영상 제품 품질관리 방안 마련

5. 관련사업 현황

○ 국토위성정보 수집·활용 시스템 기본설계 및 활용 기초기술 개발('17.9~'18.3)

○ 국토위성정보 수집 및 활용 기술 개발('18.6~'20.12)

* 시스템 운영 및 보유현황은 방문 요청시 보안확약서 제출 후 확인 가능

○ 국가기본도 활용을 위한 사용자 친화형 영상 제품 구축 기획연구('21.1~'21.7)

□ 추진일정

과업내용 \ 기간	추진일정(240일)							
	M	M+1	M+2	M+3	M+4	M+5	M+6	M+7
연구개발								
시범제작								
검증·요구사항 도출								
마무리								

□ 과업성과품 제출 및 구성

연번	내용	수량	매체	제출시기
1	결과보고서, 요약보고서	10부	책자형태 보고서	준공시
2	보고서 전산파일	1식	휴대용 저장매체	
3	기타 연구수행 중 생산한 자료	1식	인쇄물, 전산파일	

1. 사용자 친화형 영상 제품 생산을 위한 연구개발

○ 표면반사율(Surface Reflectance) 생산 기술

- 복사휘도(At-Sensor Radiance) 전환을 위한 절대복사보정계수 산출 방안 수립
- 대기보정 기술 조사·분석을 통한 국토위성용 알고리즘 개발
 - * 시범제작을 위한 상대대기보정 알고리즘 개발 수행
 - ** 국토위성용 절대대기보정 방안 수립
 - *** 항우연 제공 절대복사보정 계수를 이용한 절대대기보정 연구 수행

○ 픽셀단위정보 생산 기술

- 선행 사업*에서 도출된 픽셀단위정보 목록(구름, 수계, 음영 등)의 생산 기술 조사 및 분석을 통한 국토위성용 알고리즘 개발
 - * (사업명) 국가기본도 활용을 위한 사용자 친화형 영상 제품 구축 기획연구

2. 사용자 친화형 영상 제품 시범제작

○ 국토위성기반 사용자 친화형 영상 제품 시범제작

- (대상) 국토위성 본격운영 시~사업 종료 2개월 전 촬영 한반도 영상
 - * 국토위성 영상의 확보 및 사용은 발주처와 협의 후 결정
- (내용) 사용자 친화형 영상 제품 패키지*
 - * 밴드별 표면반사율 영상, 픽셀단위 정보, 메타정보 등 최종산출물 압축파일

- 사용자 친화형 영상 제품 설명서 제작

- 시범제작 결과기반 정보 목록의 확장성, 저장 용량, 사용자 편의성 등을 고려한 제품 사양(포맷, 표현방법 등) 도출
- 제품 설명서(Specification)* 제작 및 문서관리 방안 수립

* 입출력 자료 종류 및 형식, 명명 규칙, 영상·메타데이터 구성, 데이터용량 등

3. 시범제작 결과 검증 및 지속적 구축 방안 마련

- 시범제작 결과 검증

- 표면반사율 및 픽셀단위정보 산출물 유효성 검증
- 시범제작 패키지 사용자 만족도 조사를 통한 실효성, 편의성 검증

- 자동 생산을 위한 주요 기능 및 인프라 요구사항 도출

- 외부 보조자료(대기관측자료 등) 수집 및 국토위성센터 연계 방안 설계
- 국토위성 설계수명 및 국토위성센터 자원을 고려한 자동 생산 기능 및 인프라(구성, 용량, 사양, 비용 등) 요구사항 도출
- 現 국토위성센터 시스템과의 연계 구축 및 서비스 구성도 제시

- 사용자 친화형 영상 제품 품질관리 방안 마련

- 절대복사보정계수 주기적 갱신 방안 수립
- 품질의 일관성 유지를 위한 검·보정 및 품질관리 방안 마련

부록 3. 사용자 친화형 영상 제품 생산 SW 개발 제안요구서

2021년도

제 안 요 구 서

사 업 명	사용자 친화형 영상 제품 생산 소프트웨어 개발
주관기관	(주)쓰리디랩스 컨소시엄

인천광역시 연수구 송도과학로 56, 1610호(송도동, 테크노파크BT센터)

주식회사 쓰리디랩스

대표이사 김 태 정

국토지리정보원장 귀하

목 차

I. 설계 설명서	1
1. 제안 사업명	1
2. 추진배경 및 목적	1
3. 과업기간	1
4. 주요 과업내용	2
5. 관련사업 현황	2
II. 과업내용	4
1. 과업내용	4
2. S/W 기능별 요구사항 상세	6

1. 제안 사업명

- 사용자 친화형 영상 제품 생산 소프트웨어 개발

2. 추진배경 및 목적

- (배경) 사용자 친화형 영상 제품(이하 ARD^{*}) 생산 기술 개발 및 시범제작사업 등 관련 사업 및 연구를 통해 국토위성센터 ARD 서비스를 위한 **핵심 기술 소프트웨어 개발 필요성 도출**

* Analysis Ready Data : 사용자가 최소한의 노력으로 즉시 분석가능하고 다른 자료와 시계열적으로 상호운용 가능한 형태로, 최소한의 요구조건 내에서 처리된 자료로써, 표면반사율영상과 픽셀단위정보를 제공함 (CEOS^{**} 정의)

** Committee on Earth Observation Satellites: 우주기반 지구관측 자료 교환 조정을 위한 위원회

- (목적) 국토위성센터 ARD 서비스 구축을 위한 **핵심 기술(표면반사율, 픽셀 단위정보) 소프트웨어 개발 및 시스템 연계**

3. 과업기간

- 과업기간 : 착수일로부터 240일

4. 주요 과업내용

- 국토위성용 표면반사율 영상 생성 소프트웨어 개발 및 시스템 연계
 - 국토위성센터 ARD 산출물 서비스를 위한 표면반사율 영상 생성 소프트웨어 설계 및 개발
 - ‘국토위성정보 수집 및 활용 시스템’과의 연동 구현
 - 외부 보조자료 수집 모듈 개발
- 국토위성용 픽셀단위정보 생성 소프트웨어 개발 및 시스템 연계
 - 국토위성영상 내 픽셀단위 정보 생성 소프트웨어 설계 및 개발
 - ‘국토위성정보 수집 및 활용 시스템’과의 연동 구현
 - 품질속성밴드로부터 특정 속성값을 이용한 이진마스크영상 생성 변환기 개발
- 국토위성센터 ARD 산출물 품질향상 방안 연구
 - 국토위성영상 복사·대기보정 품질향상 방안 연구
 - 국토위성영상 기하보정 품질향상 방안 연구

5. 관련사업 현황

- 국토위성정보 수집 및 활용 기술 개발(‘18.6~’20.12)
 - * 시스템 운영 및 보유현황은 방문 요청시 보안확약서 제출 후 확인 가능
- 국가기본도 활용을 위한 사용자 친화형 영상 제품 구축 기획연구(‘21.1~’21.7)
- 사용자 친화형 영상 제품 생산 기술 개발 및 시범제작(TBD)

□ 과업성과품 제출 및 구성

- 사용자 지침서는 시스템의 모든 기능에 대한 내용으로 구성한다.

성과품의 종류	제출부수	비 고
시스템 분석 및 설계서	5부	인쇄물은 제본
사용자 지침서	5부	
관리자 운영지침서	5부	
용역개발 완료보고서	5부	
산출문서 및 소스코드 등 자료 일체	이동식 저장매체(외장HDD 등) 2식	

1. 과업내용

□ 국토위성용 표면반사율 영상 생성 소프트웨어 개발 및 시스템 연계

○ (표면반사율) 표면반사율 영상 생성 소프트웨어 설계 및 개발

- 입력 위성영상 자동 선정 및 로드 기능
- 표면반사율영상 자동생성 기능
- 생산 프로세스 제어 기능
- 표면반사율영상 저장관리 기능
- 표면반사율영상 사용자검색 및 주문 기능

○ (시스템연계) 국토위성정보 수집 및 활용 시스템 연계

- 既 구축 시스템과의 연동(자동 생산, DB화 등) 구현
- 기능 구현 결과의 품질, 오류 자동 표출 및 리포트 기능

○ (모듈개발) 외부 보조자료 수집 모듈 개발

- 대기관측자료 등 외부 보조자료 수집 모듈 개발
- 표면반사율 영상 생성 소프트웨어와의 연계방안 수립

□ 국토위성용 픽셀단위정보 생성 소프트웨어 개발 및 시스템 연계

○ (픽셀단위정보) 픽셀단위정보 생성 소프트웨어 설계 및 개발

- 입력 위성영상 자동 선정 및 로드 기능
- 픽셀단위정보 항목 식별 기능
- 픽셀단위정보 메타정보 생성 기능
- 픽셀단위정보 분석 기능
- 픽셀단위정보 생성 기능

○ (시스템연계) 국토위성정보 수집 및 활용 시스템 연계

- 既 구축 시스템과의 연동(자동 생산, DB화 등) 구현
- 기능 구현 결과의 품질, 오류 자동 표출 및 리포트 기능

○ (품질속성 변환기) 이진마스크영상 변환기 개발

- 품질속성밴드로부터 특정 속성값을 추출하여 이진마스크영상을 생성하는 기능

□ 국토위성센터 ARD 산출물 품질향상 방안 연구

○ (복사·대기보정) 국토위성영상 복사·대기보정 품질향상 방안 연구

- 주기적 검·보정 체계 구축 방안 연구
- 산출물 품질 관리체계 구축 방안 연구

○ (기하보정) 국토위성영상 기하보정 품질향상 방안 연구

- 고정밀 기준점 구축 및 갱신 방안 연구
 - * 지리적 특성(남한, 북한, 전세계)을 고려하여 연구결과 제시
- 한반도 DEM 구축 및 갱신 방안 연구

2. S/W 기능별 요구사항 상세

□ 요구사항 구분 및 총괄표

요청사항 구분		ID부여규칙	요구 사항 수
기능요구사항 (FUN)	System Function Requirement	SFR-000	3
성능요구사항 (PER)	Performance Requirement	PER-000	2
인터페이스요구사항 (SIR)	System Interface Requirement	SIR-000	5
데이터 요구사항 (DAR)	Data Requirement	DAR-000	1
테스트 요구사항 (TER)	Test Requirement	TER-000	1
보안요구사항 (SER)	Security Requirement	SER-000	3
품질 요구사항 (QUR)	Quality Requirement	QUR-000	5
제약사항 (COR)	Constraint Requirement	COR-000	3
프로젝트관리 요구사항 (PMR)	Project Management Requirement	PMR-000	5
프로젝트지원 요구사항 (PSR)	Project Support Requirement	PSR-000	1
법적반영 요구사항 (RER)	Regal Requirement	RER-000	2
합계			31

□ 요구사항 내용

요구사항 분류		기능
요구사항 고유번호		SFR-001
요구사항 명칭		표면반사율 영상 생성 기능
요구사항 상세설명	정의	작업지시서에 따라 위성영상을 불러오고 자동으로 표면반사율 영상을 생성한다.
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 위성영상의 검색 ○ 작업지시서 생성 및 전달 ○ 위성영상 로드 ○ 표면반사율영상 생성 ○ 생산 프로세스 제어 ○ 산출물 저장(Geotiff, 카탈로깅, 메타데이터)(TBD) ○ 산출물 전달 및 목록 업로드
산출정보		기능목록
관련요구사항		

요구사항 분류		기능
요구사항 고유번호		SFR-002
요구사항 명칭		픽셀단위정보 생성 기능
요구사항 상세설명	정의	작업지시서에 따라 위성영상을 불러오고 자동으로 픽셀단위 정보를 생성한다
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 위성영상의 검색 ○ 작업지시서 생성 및 전달 ○ 위성영상 로드 ○ 픽셀단위정보 항목 식별 ○ 픽셀단위정보 메타정보 생성 ○ 픽셀단위정보 분석 ○ 픽셀단위정보 생성 ○ 산출물 저장(Geotiff, 카탈로깅, 메타데이터)(TBD) ○ 산출물 전달 및 목록 업로드
산출정보		기능목록
관련요구사항		

요구사항 분류		기능
요구사항 고유번호		SFR-003
요구사항 명칭		작업 및 영상관리
요구사항 상세설명	정의	작업에 필요한 기타 부가 기능
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 프로젝트 생성, 로드, 저장, 정보 ○ 작업지시서 수신, 로드, 저장, 정보(정보 연계) ○ 작업 실행, 진행도 확인, 취소 ○ 작업결과 리포트 저장 ○ 위성영상 목록 조회(정보 연계) ○ 위성영상 선택, 추가, 삭제 ○ 영상목록 정보 출력 ○ 영상 기본정보 조회 ○ 영상정보 저장 및 표출 ○ 영상 뷰어 출력 ○ 뷰어화면 조절(확대, 축소, 이동) ○ 영상 선형 필터링 ○ 영상 히스토그램 평활화 ○ 영상좌표 및 지리좌표 확인 ○ 국토위성영상 속성/공간 검색(정보 연계) <ul style="list-style-type: none"> - 속성조건/공간조건에 부합하는 영상 검색 기능
산출정보		기능목록
관련요구사항		

요구사항 분류		성능
요구사항 고유번호		PER-001
요구사항 명칭		처리속도 및 시간 성능요구사항
요구사항 상세설명	정의	작업에 필요한 기타 부가 기능
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모든 질의는 사용자가 요청을 하는 시간으로부터 5초 이내에 그 결과를 보여주어야 함. 단, 대량의 데이터, 표면반사율영상 및 픽셀단위정보 생성에 대한 질의는 발주처와 협의하여 조정함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		성능
요구사항 고유번호		PER-002
요구사항 명칭		확장성 요구사항
요구사항 상세설명	정의	시스템 성능 요건
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업대상 시스템의 성능을 고려한 개발방안 제시 대상시스템에 대하여 안정적 운영지원 및 사용자 지원 방안을 제시하고, 향후 확장성, 호환성, 유연성 등을 충분히 고려한 개발방안을 제시
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		인터페이스
요구사항 고유번호		SIR-001
요구사항 명칭		시스템 인터페이스 일반
요구사항 상세설명	정의	표면반사율 영상 생성 기능 인터페이스에 대한 사항 정의
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시스템의 성능에 미치는 영향을 고려하여 갱신주기, 연계 어플리케이션 실행시간 등을 설정하여야 함 ○ 데이터 연계의 정확성을 위해 개발 및 테스트 환경을 구성하고, 연계 어플리케이션의 기능수행 정확도를 검증한 후 운영 시스템에 이관하여 시스템을 운영 ○ 사용자 또는 정보 증가 시에도 안정적인 성능을 제공하여야 하며 추가 라이선스 비용 등이 발생하지 않아야 함
산출정보		시스템 인터페이스 설계서
관련요구사항		

요구사항 분류		인터페이스
요구사항 고유번호		SIR-002
요구사항 명칭		시스템 인터페이스 일반
요구사항 상세설명	정의	픽셀단위정보 생성 기능 인터페이스에 대한 사항 정의
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시스템의 성능에 미치는 영향을 고려하여 갱신주기, 연계 어플리케이션 실행시간 등을 설정하여야 함 ○ 데이터 연계의 정확성을 위해 개발 및 테스트 환경을 구성하고, 연계 어플리케이션의 기능수행 정확도를 검증한 후 운영 시스템에 이관하여 시스템을 운영 ○ 사용자 또는 정보 증가 시에도 안정적인 성능을 제공하여야 하며 추가 라이선스 비용 등이 발생하지 않아야 함
산출정보		시스템 인터페이스 설계서
관련요구사항		

요구사항 분류		인터페이스
요구사항 고유번호		SIR-003
요구사항 명칭		User Interface(UI) 통일성
요구사항 상세설명	정의	기존 시스템과의 통일화된 UI 구성
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전체 시스템 간 통일성을 부여하여 UI를 구성하여야 함 ○ 화면 UI 기획 및 디자인에 관련된 제반 사항을 발주기관과 긴밀한 협조를 통하여 시행토록 함
산출정보		시스템 인터페이스 설계서
관련요구사항		

요구사항 분류		인터페이스
요구사항 고유번호		SIR-004
요구사항 명칭		도움말
요구사항 상세설명	정의	도움말 표출
	세부내용	○ 사용자가 별도의 교육을 받지 않더라도 도움말을 이용하여 사용자 기능을 이용할 수 있어야함
산출정보		시스템 인터페이스 설계서
관련요구사항		

요구사항 분류		인터페이스
요구사항 고유번호		SIR-005
요구사항 명칭		오류메시지
요구사항 상세설명	정의	시스템 오류 시 오류메시지 표출
	세부내용	○ 오류에 대한 정보표출 기능을 제공하여야함
산출정보		시스템 인터페이스 설계서
관련요구사항		

요구사항 분류		데이터
요구사항 고유번호		DAR-001
요구사항 명칭		백업요구사항
요구사항 상세설명	정의	자료의 분실방지를 위한 백업기능
	세부내용	○ 자료의 파손, 변질, 분실 등에 대비하기 위한 백업기능 - 백업대상 : 프로젝트, 작업지시서, 작업수행 결과 - 백업주기 : 한 달 주기로 백업 - 백업방식 : 보존기간이 경과한 정보는 백업을 한 후 디스크에서 삭제
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		테스트
요구사항 고유번호		TER-001
요구사항 명칭		성능테스트
요구사항 상세설명	정의	단위, 통합, 인수테스트 계획 수립 및 이행
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단위, 통합, 인수테스트에 대한 효율적 방안을 제시하여야 함 ○ 적합, 부적합을 판정할 수 있도록 체계적인 방안을 제시하여야 함 ○ 품질 요건을 충족하는 테스트 방안을 제시해야 함 ○ 테스트 방안은 다음과 같은 세부적인 사항을 포함하여야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 본 사업기간 동안 각각의 테스트 실시 후 테스트 결과를 기록하고, 테스트 결과를 모니터링하여 결함 발견시 결함이 해소될 때까지 테스트를 지속적으로 실시해야 하며, 이 때 테스트 결과에 대한 이력을 관리해야 함 - 발생 가능한 상황에 대해서 시나리오를 작성하여 업무에 적합한 테스트 데이터(오류 데이터 포함)를 입력하여 체계적이고 효율적인 테스트를 실시해야 함 - 단위테스트는 개발자의 테스트로 실시하여야 함 - 통합테스트는 평가 방식으로 진행할 수 있도록 지원해야 함 - 인수테스트는 발주기관과 협의하여 승인 검사/테스트를 계획하고, 발주기관이 승인 검사/테스트를 이행하기 위하여 필요한 모든 조력을 제공하여야 함
산출정보		테스트 결과서
관련요구사항		

요구사항 분류		보안
요구사항 고유번호		SER-001
요구사항 명칭		사용자 인증
요구사항 상세설명	정의	사용자 인증을 통한 시스템 접근
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 로그인 창을 통하여 사용자 인증 수행하여야 함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		보안
요구사항 고유번호		SER-002
요구사항 명칭		통신 간 보안성
요구사항 상세설명	정의	시스템 간 자료 교환 시 보안 요구사항
	세부내용	○ 시스템 간 자료 교환 시 기밀성, 무결성, 접근제어 등을 보장하여야 함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		보안
요구사항 고유번호		SER-003
요구사항 명칭		연동 보안 일반
요구사항 상세설명	정의	시스템 간 자료 교환 가능한 자료의 설정
	세부내용	○ 연계서버와 업무서버의 영역 간에는 사전에 정해진 데이터 형식만 전달하도록 함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		품질
요구사항 고유번호		QUR-001
요구사항 명칭		가용성 보장
요구사항 상세설명	정의	가용성 보장 및 무중단 운영
	세부내용	○ 시스템은 통상적인 업무시간 동안 가용성을 보장하여야 하며, 시스템 조건이 무엇이든지 간에 모든 채널에 동일한 자료 및 결과를 생성하고 인도해야함 ○ 시스템은 정상상태에서 24시간 동안 무중단으로 운영되어야함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		품질
요구사항 고유번호		QUR-002
요구사항 명칭		프로그램 학습성
요구사항 상세설명	정의	프로그램 설치, 제거, 이용의 용이성
	세부내용	○ 프로그램의 설치 및 제거, 이용이 용이하여야 함 - 사용자매뉴얼 또는 관리자매뉴얼에 시스템 또는 프로그램을 설치하거나 제거하기 위한 정보를 문서로 제공해야 - 시스템 및 프로그램의 설치 및 제거 용이성을 평가하기 위해 매뉴얼을 따라서 사용자 및 관리자가 설치 및 제거해야 함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		품질
요구사항 고유번호		QUR-003
요구사항 명칭		쉽고 편한 기능 및 사용자 인터페이스 제공
요구사항 상세설명	정의	쉽고 편한 기능 및 사용자 인터페이스 제공
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사용자 및 관리자가 시스템을 쉽고 편하게 사용할 수 있도록 하기 위해 기능 및 사용자 인터페이스에 다음 정보를 제공해야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 기능 이해도: 자주 찾는 콘텐츠 순으로 찾기 쉬운 위치에 배치하는 등 정보접근의 편의성 개선하고 시스템에서 제공하는 모든 기능에 대해 사용자 매뉴얼에서 정보를 제공해야 함 - 인터페이스 이해도: 시스템에서 제공하는 인터페이스 기능과 방법을 초급자라도 쉽게 운영할 수 있는 직관적인 인터페이스로 제작하고 관리자 매뉴얼에 포함해야 함 ○ 사용자가 원하는 기능을 쉽게 찾아서 사용할 수 있는 체계를 제공하여야 함 ○ 시스템은 콘텐츠의 모양이나 배치를 이해하기 쉽게 구성하여야 함 ○ 사용자 기능에 대한 도움말을 제공하여야 함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		품질
요구사항 고유번호		QUR-004
요구사항 명칭		변경 요구 및 변경처리 절차
요구사항 상세설명	정의	변경 요구 및 변경처리 절차
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시스템은 제공되기로 한 요구사항을 모두 제공하며, 초기 협의한 요구사항에서 변경관리 절차를 통해 승인을 획득한 요구사항을 최종 베이스라인으로 간주함 ○ 제공되기로 한 요구사항을 제공하는지 여부는 각 기능 요구사항의 검증(테스트) 활동을 통해 예상된 결과가 도출되었을 경우 요구사항을 제공한 것으로 평가함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		품질
요구사항 고유번호		QUR-005
요구사항 명칭		유지보수 방안
요구사항 상세설명	정의	유지보수 방안
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시스템 업그레이드: 시스템은 새로운 기능을 구현하기 위해 필요한 경우 업그레이드가 용이해야 하며, 보안사고 예방, 성능 개선 등이 발생하는 경우 패치를 제공하여야 함 ○ 무상보증 <ul style="list-style-type: none"> - 시스템의 무상보증기간은 검수완료일로부터 12개월로 하며, 단 납품 물품 중 무상보증기간이 12개월 이상인 경우 그에 따르며, 무상유지보수는 개발 소프트웨어, 하드웨어, 소프트웨어 등 시스템 전체로 한다. - 시스템 확장: 유지보수에 용이하게 개발되어야 하며 시스템 확장시 상호운영성, 이식성 등을 보장하여야 함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		제약사항
요구사항 고유번호		COR-001
요구사항 명칭		개발언어 사용
요구사항 상세설명	정의	개발언어의 선정 및 협의사항
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 시스템과의 연계성, 기술지원 및 유지관리 용이성 등을 고려한 개발 언어를 협의하여 선정하여야 함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		제약사항
요구사항 고유번호		COR-002
요구사항 명칭		기존 시스템 호환
요구사항 상세설명	정의	기존 시스템과 연관성 분석
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 시스템 운영에 영향을 주지 않는 시스템을 구현하여야 함 - 기 운영되고 있는 시스템 구조 및 전체 표준과 호환성, 시스템 통합 및 분산설계, 데이터 유형, 프로세스 환경 유형, 사용자 유형, 시스템 간 물리적 네트워크 연결구성을 고려하여 구조 설계를 하여야 함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		제약사항
요구사항 고유번호		COR-003
요구사항 명칭		리스크 관리
요구사항 상세설명	정의	리스크 관리
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보안, 일정지연, 품질저하에 따르는 예산초과 등 리스크 발생을 사전 예방하고 발생시 사후 대처방안을 제시하여야 함 ○ 성능상 문제 등으로 S/W가 변경되는 경우에 대한 사후 대응방안을 구체적으로 제시하여야 함 ○ 본 사업의 수행시 발생 예상되는 쟁점 및 미결사항에 대한 관리, 사용자 요구사항의 상세화 과정에서의 리스크 관리 등 각종 위험에 대한 통제 및 리스크 관리 방안을 제시하여야 하며, 지속적으로 문제를 파악 관리하고, 조치사항에 대하여 추적할 수 있는 방안을 제시하여야 함 ○ 시스템 장애 등 비상상황 발생 시 피해를 최소화하고 신속한 복구를 지원하기 위한 백업/복구 및 장애대응 대책을 제시하여야 함 ○ 긴급한 이슈사항이나 위험요소에 대해서 수시 보고 및 회의 진행을 할 수 있는 통제 방안을 제시해야 함
산출정보		
관련요구사항		

요구사항 분류		프로젝트관리
요구사항 고유번호		PMR-001
요구사항 명칭		사업수행계획서
요구사항 상세설명	정의	사업수행계획서 작성
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수행사는 계약일로부터 10일 이내에 제안요청서, 제안서, 계약서 등을 근거로, 본 사업을 수행하기 위한 사업수행계획서를 상세하게 작성·제출하여야 함 ○ 사업수행계획서 작성에 있어 다음과 같은 내용이 반드시 포함 되어야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 일정계획은 본 사업을 기간 내에 완수하기 위한 개발 단계별 추진일정 및 세부 활동 내용(사업의 주요업무, 진척률, 인도되는 구체적인 결과물)에 대한 정보등을 포함하여 수행 공정간 연계가 보일 수 있도록 수립해야 하며, 품질보증 기간 등을 고려하여 상세하게 기술해야 함 - 과업대비표와 검사기준서 작성 방안과 요구사항 목록과 명세서 작성 방안에 대하여 제시 하여야 함 - 모든 활동에 대한 업무 상세 정의와 범위, 일정, 품질, 의사소통, 위험 및 이슈, 형상관리 계획과 기밀 보장 방안 등 상세 사업관리방안을 제시하여야 하며, 제반 관리를 보다 효과적으로 수행하기 위해서 사용할 프로젝트 관리 도구의 활용방안을 제시하여야 함
산출정보		사업수행계획서
관련요구사항		

요구사항 분류		프로젝트관리
요구사항 고유번호		PMR-002
요구사항 명칭		일정관리
요구사항 상세설명	정의	일정관리
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일정 관리 측면에서 본 사업을 기간 내에 완수하기 위한 개발 단계별 추진 일정 및 세부 활동 내용 등이 포함된 일정계획을 제시하여야 함 ○ 사업수행부문의 방법론에 따라 개발단계별, 작업단위별로 작업 절차를 고려한 일정계획 및 세부 활동을 제시하여야 하며, 관련 시스템과의 연동 처리 활동을 포함해야 함 ○ 과업기간 동안에 내/외부 관계자를 참석시켜 착수보고회, 최종보고회를 각각 실시하고, 결과를 산출물에 반영하여 제출하여야 함 ○ 계약일로부터 사업완료일까지 착수일 기준 주·월간 보고의 수행계획에 따라 현재 시점의 구체적인 공정 및 진행 사항, 업무 추진 상 이슈 및 대응방안 등을 작성·제출 하여야 함
산출정보		사업수행계획서
관련요구사항		

요구사항 분류		프로젝트관리
요구사항 고유번호		PMR-003
요구사항 명칭		책임 및 보안
요구사항 상세설명	정의	책임 및 보안 사항
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수행사는 사업수행기간 중 보안 관련법규를 준수하고 대외 보안유지에 적극 협조하여야 함 ○ 수행사는 <별지2>의 보안특약조항에 따른 보안관리계획을 사업제안서에 기재하고 적극 이행해야 함 ○ 본 사업 수행 중 취득한 지식에 대하여 과업수행 중은 물론 사업이 완료된 후에도 외부에 누설하거나 다른 용도로 이용해서는 안 되며, 이를 위반하였을 경우 이에 대해 수행사에서 법적인 책임을 져야 함 ○ 수행사는 사업기간 중 불법S/W의 사용으로 인한 문제에 대한 책임을 져야함 ○ 사업관련 자료는 인터넷 웹하드, 웹메일 등 외부에 저장 및 전송을 금지해야 함 ○ 본 사업에 참여하는 모든 수행사 인원은 별도양식에 의하여 상기의 내용을 포함한 보안서약서를 반드시 제출하여야 함 ○ 수행사는 국토교통부 정보보호담당관의 '보안성 검토' 결과를 반영하여 사업을 수행해야함
산출정보		사업수행계획서
관련요구사항		

요구사항 분류		프로젝트관리
요구사항 고유번호		PMR-004
요구사항 명칭		작업장소
요구사항 상세설명	정의	작업장소에 관한 사항
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계약당사자는 SW사업수행을 위하여 필요한 장소 및 설비 기타작업환경을 상호 협의하여 결정 <ul style="list-style-type: none"> - 다만, 핵심개발인력이 아닌 지원인력의 근무 장소는 보안 등 특별한 사유가 있는 경우를 제외하고는 계약상대방이 달리 정할 수 있음 ○ 원격지 개발장소 보안요구사항 <ul style="list-style-type: none"> - 원격지 개발에 필요한 관리·물리·기술적 보안대책을 수립하고 시행하여야함(인적보안 포함) - 원격지 개발에 따른 개발방법 등에 대한 구체적인 방안을 제시하여야함 - 원격지 개발에 따른 수행 장소 등에 대하여 구체적인 보안관리대책(시건장치, 출입통제 등)을 실시하여야 함 <ol style="list-style-type: none"> 1. 프로젝트 사무실, 중요장비 설치장소에 대한 출입보안 2. 개인소유 PC 및 보조기억장치 반입·반출 통제 3. 생성문서는 별도 잠금장치가 된 곳에 보관, 안전한 방법에 따라 폐기

요구사항 상세설명	세부내용	4. 문서의 보안등급 부여 및 차별화된 권한권리를 수행 5. 원격지 개발과 관련한 수행내역 및 정보시스템 접속 이력 등 로그기록 저장, 1년 이상 유지 ○ 원격지 개발장소 제시·검토절차 - 작업장소 상호협의 시 제안요청서 내 명시된 보안요구사항을 준수한 작업장소를 제시할 수 있으며, 발주기관에서는 제시된 작업장소에 관하여 우선 검토한다. 다만, 발주기관에서는 공급자가 제시한 작업장소가 보안요구사항을 준수하지 못한 경우 거부할 수 있음
산출정보		사업수행계획서
관련요구사항		

요구사항 분류		프로젝트관리
요구사항 고유번호		PMR-005
요구사항 명칭		검수 및 검사
요구사항 상세설명	정의	검수 및 검사 요건
	세부내용	○ 검수는 완료보고서 접수일로부터 14일 이내에 실시 - 제안요청서, 제안서, 협상 결과, 계약서, 사업수행계획서 등과 일치하지 않을 경우 지체 없이 보완 후 재검수를 받아야 함 ○ 시스템 납품설치와 시스템의 정상가동 여부에 대하여 확인하며, 시스템 관리, 기술지원 등 시스템 운영에 필요한 제반사항을 포함
산출정보		사업수행계획서
관련요구사항		

요구사항 분류		프로젝트지원
요구사항 고유번호		PSR-001
요구사항 명칭		교육 일반사항
요구사항 상세설명	정의	시스템 교육의 일반사항
	세부내용	○ 시스템 개발 및 운영에 필요한 교육을 지속적으로 실시하여야 하며, 교육계획서를 작성하여 발주 기관에 제출, 승인을 얻어야 한다. ○ 교육계획서에는 교육훈련에 대한 목적 및 내용, 교육대상, 방법, 일정, 장소, 강사진 등에 대한 상세사항이 포함되어야 함 ○ 시스템에 대한 교육자료를 제작하여야 함 - 교육자료는 전자적 형식으로 작성하여 제출 - 관리자, 시스템 운용자, 일반사용자 등 사용자별 교육자료를 매뉴얼로 작성하여야 함 ○ 시스템 구축 및 운영상 필요하다고 판단되어 발주자에서 교육 요구 시 이에 응할 수 있어야 함
산출정보		교육계획서, 매뉴얼(사용자/운영자)
관련요구사항		

요구사항 분류		법적반영
요구사항 고유번호		RER-001
요구사항 명칭		기술적용계획표 및 결과표 작성
요구사항 상세설명	정의	기술적용계획표 및 결과표 작성
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발주자가 작성한 기술적용계획표의 검토 및 준수, 기술적용결과표 작성 방안을 제시 하여야 함 ○ 다음과 같은 사항을 포함하여 제시하여야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 기술적용계획표의 기술표준이 본 사업에 부합하는지 검토 하여야 하며, 변경 이 필요할 경우 타당한 사유를 제시하여 발주자와 상호 협의하여 조정하여 야 함 - 기술적용계획표 검토시 부득이한 경우를 제외하고는 특정 기술에 종속되지 않는 개방형 기술로 구현하도록 검토하여야 함 - 기술적용계획표가 확정되면 기술표준을 준수하여 사업을 수행하여야 함 - 발주자 인수테스트 전에 확정된 기술적용결과표를 제출하여야 함
산출정보		기술적용계획표, 기술적용결과표
관련요구사항		

요구사항 분류		법적반영
요구사항 고유번호		RER-002
요구사항 명칭		SW사업정보 저장소 데이터 작성 및 제출
요구사항 상세설명	정의	SW사업정보 저장소 데이터 작성 및 제출
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 「소프트웨어산업진흥법 제22조」에 따라 해당 사업 수주자는 SW 사업정보(SW사업 수행 및 실적 정보) 데이터를 작성하여 제출하여야 함 ○ SW사업정보 데이터 작성 및 제출에 관한 사항은 www.spir.kr 자료실의 'SW사업정보 저장소 데이터 제출 안내' 문서를 참조토록 함 ○ SW사업정보 데이터는 사업수행계획서 작성 시 단계별 산출물 리스트에 반드시 명시하도록 함 ○ SW사업정보 중 기능점수 데이터의 작성을 위해 사업수행 인원 중 기능점수 측정 전문가를 포함토록 함
산출정보		
관련요구사항		

부록 4. 국토위성센터 ARD 기초기술 고도화 제안요구서

2021년도

제 안 요 구 서

사 업 명	국토위성센터 ARD 기초기술 고도화
주관기관	(주)쓰리디랩스 컨소시엄

인천광역시 연수구 송도과학로 56, 1610호(송도동, 테크노파크BT센터)

주식회사 쓰리디랩스

대표이사 김 태 정

국토지리정보원장 귀하

목 차

I. 설계 설명서	1
1. 제안 사업명	1
2. 추진배경 및 목적	1
3. 과업기간	1
4. 주요 과업내용	2
5. 관련사업 현황	2
II. 과업내용	3
1. 대기보정 기술 고도화	3
2. 전지구 기하보정 기술 개발	3
3. 한반도 기준점·DEM DB 고도화	4

1. 제안 사업명

- 국토위성센터 ARD 기초기술 고도화

2. 추진배경 및 목적

- (배경) 사용자 친화형 영상 제품(이하 ARD^{*}) 생산 소프트웨어 개발 사업 등 관련 사업 및 연구를 통해 국토위성센터 ARD 생산기술 추가 개발 및 고도화 필요성 도출

* Analysis Ready Data : 사용자가 최소한의 노력으로 즉시 분석가능하고 다른 자료와 시계열적으로 상호운용 가능한 형태로, 최소한의 요구조건 내에서 처리된 자료로써, 표면반사율영상과 픽셀단위정보를 제공함 (CEOS^{**} 정의)

^{**} Committee on Earth Observation Satellites: 우주기반 지구관측 자료 교환 조정을 위한 위원회

- (목적) 국토위성센터 ARD 서비스 품질 향상을 위한 핵심 ARD 생산 기술 추가 개발 및 고도화

3. 과업기간

- 과업기간 : 착수일로부터 360일

4. 주요 과업내용

○ 대기보정 기술 고도화

- '외부 보조자료 수집 모듈' 연계
- 복사전달모델 조건표(이하 LUT^{*}) 기반 대기보정 라이브러리 개발
- * LUT : Look-Up Table
- 국토위성영상 복사·대기보정 품질향상체계 구축

○ 전지구 기하보정 기술 개발

- 전지구 기준점 DB 구축 및 관련 기술 개발
- 국토위성용 전지구 정밀기하보정 영상 생성 기술 개발

○ 한반도 기준점·DEM 관련 기술 개발 및 DB 고도화

- 남한지역 고정밀 기준점 DB 추가 구축 및 검증
- 전지구 기준점 갱신 및 고도화 기술 개발
- 한반도 DEM DB 구축 및 갱신

5. 관련사업 현황

○ 국토위성정보 수집 및 활용 기술 개발('18.6~'20.12)

- * 시스템 운영 및 보유현황은 방문 요청시 보안확약서 제출 후 확인 가능

○ 국가기본도 활용을 위한 사용자 친화형 영상 제품 구축 기획연구('21.1~'21.7)

○ 사용자 친화형 영상 제품 생산 기술 개발 및 시범제작(TBD)

○ 사용자 친화형 영상 제품 생산 소프트웨어 개발(TBD)

□ 과업성과품 제출 및 구성

연번	내 용	수량	매 체	제출시기
1	결과보고서, 요약보고서	10부	책자형태 보고서	준공시
2	산출문서 및 소스코드 등 자료 일체	1식	휴대용 저장매체	
3	기타 연구수행 중 생산한 자료	1식	인쇄물, 전산파일	

1. 과업내용

□ 대기보정 기술 고도화

○ (모듈연계) 외부 보조자료 수집 모듈 연계

- 표면반사율 영상 생성 소프트웨어와의 연동 구현
- 대기관측자료 등 외부 보조자료 수집 여부 확인, 오류 자동 표출 및 리포트 기능

○ (대기보정기술개발) LUT 기반 대기보정 라이브러리 개발

- 국토위성용 복사전달모델 기반 조건표(LUT) 구축
- LUT 기반 표면반사율 계산 기능

○ (품질향상체계) 국토위성영상 복사·대기보정 품질향상체계 구축

- 주기적 검·보정 체계 구축 및 운영
- 산출물 품질 관리 체계 구축 및 운영

□ 전지구 기하보정 기술 개발

○ (기준점DB구축) 전지구 기준점 DB 구축 및 관련 기술 개발

○ (전지구기하보정) 국토위성용 전지구 정밀기하보정 영상 생성 기술 개발

- 국토위성영상에 적용 가능한 정밀기하보정 기술 조사 및 분석
- 전지구 대상 국토위성영상 정밀기하보정 기술 개발
- 전지구 정밀기하수립이 완료된 영상(L2R) 생성 기술 개발

□ 한반도 기준점·DEM DB 고도화

- (기준점구축) 남한지역 고정밀 기준점 DB 추가 구축 및 검증
- (기준점기술개발) 기준점 갱신 및 고도화 기술 개발
 - 정밀 궤도모델링을 통한 북한지역 기준점 갱신 기술 개발
 - 다중촬영영상 기반 기준점 고도화 기술 개발
- (DEM구축) 한반도 DEM DB 구축 및 갱신

Abstract

A study on the Planning of User-Friendly Image Products for Utilization of the National Base Map

Kim Tae Jung·Kim Soo Hyeon·Hwang Yun Hyuk·Jung Sung Woo·
Chul Soo Ye·You Kyung Han

National Land Satellite Center of NGII is the main use agency for CAS 500-1/2 and has scheduled to begin full-scale operation and utilization of the satellites in late October this year. Currently, the usage and utilization of products of the satellites require expertise based on images, making it difficult to utilize convergence due to different spatial information and standards such as aerial ortho image, national base map, and digital elevation model. Therefore, the National Land Satellite Center planned to build ARD(analysis ready data)to produce outputs that users can easily utilize and analyze in their fields and interoperate with other satellite and spatial information.

This study defined the ARD of the National Land Satellite Center by analyzing basic data from ARD leading groups and the environment of the center. We also explored the strengths and differences of constructing the National Land Satellite Center's ARD. Implications for ARD construction were derived in terms of technology, economy, and society.

Considering the full operation and utilization of the CAS 500-1/2, the study presented a roadmap by dividing the goals of ARD establishment and service project into three stages: ARD service preparation, ARD advancement, and convergence service.

In the short term, we identified the underlying technology for ARD services, derived priorities, and proposed a roadmap for radiometric·atmospheric correction and for developing pixel-based basic technology. In the mid-to long-term, we presented a roadmap for establishing a cooperative system to promote ARD utilization and for developing technology for aerial-satellite convergence platform services.

When the National Land Satellite Center's ARD service begins in earnest, user-friendly image products will be provided with user convenience, proven data, and interoperability. As a result, it is expected to contribute to maximizing the utilization of CAS 500-1/2 information and revitalizing the industry of national satellite information.

주 의 사 항

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

국가기본도 활용을 위한 사용자 친화형 영상 제품 구축 기획연구

인쇄·2021년 7월

발행·2021년 7월

발행자·(주)쓰리디랩스 컨소시엄

발행처·국토교통부 국토지리정보원

주소·경기도 수원시 영통구 월드컵로 92(원천동)

전화·031-210-2700

FAX·031-210-2644