

농촌공간계획을 위한 공간정보 자료와 관련 연구동향



오윤경
전남대학교 농업과학기술연구소
/ 학술연구교수
yungyeong.oh@gmail.com

1. 머리말

지난 4월 농림축산식품부(농식품부)는 농촌소멸 위기와 난개발에 대응하고, 삶터·일터·쉼터로서의 농촌 공간재생을 위한 '농촌공간 재구조화 및 재생 기본방침'을 발표하였다. 농촌공간기본방침은 작년에 제정되고 올해부터 본격 시행되는 농촌공간 재구조화 및 재생지원에 관한 법률(농촌공간재구조화법)에 따라 10년마다 수립하는 국가 차원의 농촌공간 발전계획이다. 이에 따라 139개 농촌 시·군은 농촌특화지구 배치 등을 토대로 3개 내외의 '농촌재생활성화지역'을 설정하고 지자체별로 공간 계획을 수립하여야 한다. 이를 위해서는 일관성, 현재성, 시계열성을 지닌 기초자료를 바탕으로 농촌 토지이용현황을 정확하게 진단할 필요가 있다.

서기환 외(2018)은 지속가능한 국토발전을 위한 토지이용변화 모니터링 방안 연구를 통해 기존의 토지이용현황도의 한계점을 파악하고 초고해상도 영상과 딥러닝을 활용하여 개선된 토지이용 모니터링 방안을 제안한 바 있다. 이후 다양한 위성센서와 드론의 보급으로 급격하게 증가한 고해상도 원격탐사 자료와 딥러닝 기술을 활용하여 여러 연구가 진행되었고, 그 결과 전국 환경기초지도(토지피복지도)가 통계청으로부터 국가승인통계로 지정(2024년 4월 16일자) 받아 세분류(41개 분류항목) 토지이용현황이 제공되고 있다. 농식품부와 농림수산식품교육문화정보원은 데이터 기반의 과학적 농정을 위해 항공영상을 기반으로 구축한 농경지 전자지도(팜맵)을 2021년부터 제공하고 있다.

본 고에서는 공공데이터 포털에서 제공하는 공간자료 중 농촌공간계획에 활용성이 높은 대표 자료의 최신 현황과 관련 연구동향을 살펴보고 자료의 일관성, 현재성, 시계열성 측면에서 공간계획을 위한 기초자료로서의 특성을 알아보고자 한다.

2. 공간자료

2.1 토지피복지도

‘국가 토지피복 통계’의 근간이 되는 토지피복 지도는 1998년 시범사업을 시작으로 Landsat TM 영상(해상도 30m)을 활용하여 대분류 지도(1:50,000)가 작성되었고, 2001년부터 위성영상, 항공영상 등을 활용하여 중분류 지도(1:25,000), 2010년부터는 세분류 지도(1:5,000)가 작성되었다. 그러나 자료의 생산방식(분류 유형별 사용 영상이 상이함)과 시공간적 일관성(권역별 촬영시기가 다른 영상의 활용)의 한계로 인해 많은 비용과 오랜 시간에 걸쳐 구축되었음에도 자료 활용성이 낮다는 문제가 있었다(서기환 외, 2018). 그러나 공공데이터 개방정책에 따른 공공자료 개방의 확대와 인공지능(AI) 기술 보급, 고해상도 국토관측 전용위성의 활용으로 변화된 지역을 자동으로 분류하는 ‘지능형 토지피복 자동분류 시스템’을 적용하여 토지피복지도 현행화 주기가 1년에서 4개월로 단축되었다.

전국 단위의 세분류 토지피복도 구축(2018) 이후 자료의 현재성과 시계열성에 대한 개선 요구가 증가하면서 2020년부터 ICT 기반 공공서비스 촉진사업 과제로 인공지능 기반의 지능형 토지피복지도 현행화가 추진되었다. 그 결과 토지피복지도의 제작방법은 과거 육안 판독에 의한 수작업에서 항공정사영상(국토지리정보원), 위성영상(항공우주연구원), 수치지형도, 연속수치지형도, 지적도, 임상도(산림청), 갯벌GIS, 행정구역도 등을 참고하여 AI기술을 적용하는 방식으로 변화하였다. 적용된 AI기술을 통해 토지피복 분류항목별 학습데이터 균질화와 인공지능 분류 결과를 학습데이터로 재생산하는 자가학습데이터를 구축하여 토

지피복 인공지능 분류정확도를 2021년 82%에서 2023년 87%까지 향상하고 전국단위 중분류(898도엽), 세분류(18,538도엽)로 현행화된 토지피복 지도를 제작하였다. 환경부 토지피복지도의 분류체계는 표 1과 같으며 현재 전국 토지피복지도가 공공데이터포털에서 제공되고 있다.

농촌공간계획을 위한 기초자료의 활용 측면에서 토지피복도의 작성방법과 제공 정보의 특성을 바탕으로 판단하였을 때, 토지피복도는 지역의 시설면적, 경지, 임야면적을 비교하고 변화를 살펴보는 데 유용하게 활용할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 농촌 특화지구 중 재생에너지 지구와 축산지구 선정을 위한 기초자료로서는 연구대상 시설물이 세분류에 포함되지 않아 활용에 한계가 있을 것으로 판단된다.

2.2 토지이용현황도

공간 계획에 있어 토지 모니터링은 인간 활동과 관련한 토지이용(land use)과 토지의 물리적인 상태인 토지피복(land cover)으로 구분하여 살펴볼 수 있다. 이형동(2004)은 토지이용을 일정한 물리적 구조를 지닌 토지 위에서 일어나는 인간의 제반 활동 또는 그 활동을 수용하기 위한 유형, 밀도, 용도와 같은 일정한 이용형태 등으로 정의하고, 토지피복은 토지이용의 형태적이고 가시적인 분류에 중점을 둔다고 정의한 바 있다. 토지피복과 토지이용은 개념적으로 분명히 구분되지만 일반적으로 토지이용 및 토지피복자료의 구축을 위해 영상분류기법을 활용하는 경우가 많아 두 개념을 혼재해서 사용하는 경향이 있다(서기환 외, 2018).

토지이용현황도는 국토이용관리법 제12조 9항(토지이용상황조사)을 근거로 1972년 국립건설연

표 1. 환경부 토지피복지도 분류체계(환경부, 2024)

대분류 (7개 항목)		중분류 (22개 항목)		세분류 (41개 항목)			
분류항목명	분류코드	분류항목명	분류코드	분류항목명	분류코드		
시가화· 건조지역	100	주거지역	110	단독주거시설	111		
				공동주거시설	112		
		공업지역	120	공업시설	121		
		상업지역	130	상업·업무시설	131		
				혼합지역	132		
		문화·체육·휴양지역	140	문화·체육·휴양시설	141		
		교통지역	150			공항	151
						항만	152
						철도	153
						도로	154
						기타 교통·통신시설	155
		공공시설지역	160			환경기초시설	161
						교육·행정시설	162
				기타 공공시설	163		
농업지역	200	논	210	경지정리가 된 논	211		
				경지정리가 안 된 논	212		
		밭	220	경지정리가 된 밭	221		
				경지정리가 안 된 밭	222		
		시설재배지	230	시설재배지	231		
		과수원	240	과수원	241		
		기타재배지	250	목장·양식장	251		
기타재배지	252						
산림지역	300	활엽수림	310	활엽수림	311		
		침엽수림	320	침엽수림	321		
		혼효림	330	혼효림	331		
초지	400	자연초지	410	자연초지	411		
		인공초지	420	골프장	421		
				묘지	422		
기타 초지	423						
습지	500	내륙습지	510	내륙습지	511		
		연안습지	520	갯벌	521		
				염전	522		
나지	600	자연 나지	610	해변	611		
				강기슭	612		
				암벽·바위	613		
		기타 나지	620	채광지역	621		
				운동장	622		
기타 나지	623						
수역	700	내륙수	710	하천	711		
				호소	712		
		해양수	720	해양수	721		

구소(국토지리정보원의 전신)에서 현장조사와 수작업(스크린 디지타이징)을 통해 제작이 시작되었으나 자료구축의 효율성 문제로 감사원 지적을 받아 2001년 이후 제작이 중단되었다(서기환 외, 2018). 환경부 토지피복도와 국토교통부의 토지이용현황도는 조사 및 이용목적이 매우 유사하지만 과거에는 별도로 제작·관리되어 왔다. 이에 예산절감과 데이터 관리의 효율성 제고를 위해 국토계획 및 환경보전계획의 통합관리에 관한 공동훈령을 개정하고 토지이용현황 및 변화 모니터링 체계를 개선하였다. 그 결과, 공공데이터포털에서는 2023년 토지이용현황도(1:25000)를 도시, 농업(논, 밭), 산림(성림, 미성림), 공업, 자연 및 문화재, 유보지역 등 6단계로 구분하여 필지별로 상세히 표시하여 제공하고 있다.

토지이용도는 농업지역의 밭이 경지유무로 구분된 토지피복도에 비해 건담 밭작물인 곳과 특수작물 재배지, 휴농지 등의 정보를 구분하여 제공한다는 특징이 있으며 발전시설, 처리장, 양어장/

양식장 등의 소분류가 포함되어 있어 토지피복도와 차이가 있다(표 2).

3. 연구동향

3.1 원격탐사 분야

국내 원격탐사 분야는 2017년을 시점으로 딥러닝 기술을 적용한 괄목할만한 연구 성과가 나타나고 있으며, 영상 전처리부터 활용까지 포괄적인 범위에서 딥러닝을 적용하는 연구가 다양하게 수행되고 있다. 이를 통해 과거 60%에 머물렀던 원격탐사 분류기술이 현재 90%를 넘어 100% 시대를 향해 가고 있다(Lee et al., 2022). 2021년 10월까지 게재된 국내 딥러닝 연구 60여편의 논문을 분석한 이창희 외(2021)의 논문에 따르면 딥러닝 연구의 한계점으로 학습데이터의 품질에 따라 딥러닝 성과가 극명히 갈리는 문제가 있다고 하였다. 학습데이터의 신뢰도확보를 위해서는 연구자

표 2. 국토부 토지이용현황도 분류체계

대분류	중분류	소분류	정의(38개)
농지	논	경지정리답	물을 이용하여 벼를 재배하기 위한 토지로 수로가 용수를 공급하는 경지 정리지
		미경지정리답	물을 이용하여 벼를 재배하기 위한 토지로서 주로 계단 형태이며, 경사가 심한 산간지에서 보이며, 관개시설이 없어지거나 미진한 경지
	밭	보통, 특수작물	물을 대지 아니하고 식물을 재배하는 토지로 보통작물인 무, 배추, 시금치 등의 채소와 특수작물인 약초, 인삼, 담배, 대밭, 병밭을 포함하며 휴농지 및 간작지를 포함함
		과수원 기타	과실수를 재배하는 토지로 사과, 배, 복숭아, 포도, 감, 밀감, 밤, 호두나무 등 과실수와 묘목밭(유실수, 관상수)을 포함
임지	초지	자연초지	자연적으로 조성된 초지로서 벌목지는 도화상에서는 자연초지로 구분하고 현지조사 당시의 상태로 재 구분함
		인공초지	축산과 낙농을 위해 사용되는 초지 및 이를 목적으로 인위적으로 조성한 초지와 도로의 절토부분의 공지 및 공사지역의 사면을 포함하고 목장의 경우 목초지가 있는 경우에 인공초지로 구분
	임목지	침엽수림	전체의2/3이상이 침엽수 위주로 이루어진 산림
		활엽수림	전체의2/3이상이 활엽수 위주로 이루어진 산림
		혼합수림	침엽수 또는 활엽수가 혼재하는 산림
	기타	골프장	골프를 위하여 조성된 녹지와 해당 부대 시설
		유원지	위락, 휴양 등을 위한 놀이시설이 포함된 대규모 공원(도시지내 소규모 공원은 제외하고 면적이 100X100 이하의 면적)을 포함함
		공원묘지	사설 또는 공공 공원묘지
암벽 및 석산	산악지 및 해안가의 바위, 암벽 등을 포함		

대분류	중분류	소분류	정의(38개)
도시 및 주거지	주거지 및 상업지	일반주택지	5층 미만의 연립, 다세대 및 단독 주택지(단독 주택에 일부가 점포로 사용되는 경우에는 일반주택지에 포함)
		고층주택지	5층 이상의 공동주택으로 아파트 및 해당 부대시설(100x100이하의 면적)을 포함함
		상업,업무지	상가, 시장, 서비스업 등 매매를 위한 건물이나 은행, 사무실등 업무용 건물이 자리하고 있는 지역 및 부속 주차공간(주택과 상업,업무용 건물이 혼재되어 판별이 어려운 경우 2/3이상의 용도를 차지하는 토지이용으로 일반주택지와 고층 주택지, 상업,업무지를 구분)
		나대지 및 인공녹지	주거 밀집지내 공도로 존재하는 나대지 및 도심지내 소규모 공원 및 녹지, 주거밀집지 및 도심지 내 소규모 공원 및 녹지, 인위적으로 조성된 초지
	교통 시설	도로	6m 이상의 고속화도로 및 국도, 지방도, 시,군도와 갓길, 인도포함한 용지를 말하며, 고속도로상의 휴게소는 도로 부대시설로 간주하고 그 외의 휴게소는 상업시설로 분류함
		철로 및 주변지역	복선 이상의 철로 및 부속용지
		공항	항공기 이착륙을 위한 활주로를 포함한 격납고, 승강장, 관제시설 등이 존재하는 지역
	공업지	항만	선박의정박과 물품을 하역하는 시설이 존재하는 지역으로 창고시설 등을 포함
		공업시설	제조업에 이용되는 토지 및 대규모 공업단지(상업시설과 공업시설이 혼재되어 있는 경우 2/3이상의 시설이 차지하는 토지이용으로 구분)
	공공 시설물	공업나지,기타	공업지대 내에 아직 시설이 들어서지 않은 대지, 공장지대 또는 공업단지로 조성된 부지 중 아직 개발되지 않은 최소단위면적 이상의 나대지
		발전시설	발전소, 변전소, 정류소, 저유조, LNG저장고 등의 발전시설 및 부속시설
		처리장	하수종말처리장, 취,정수장, 우수배제시설, 상수가압펌프장, 분뇨처리장, 폐수처리장 등과 해당 부속시설
		교육,군사시설	학교와 학교부속시설, 교도소, 수용소, 군사교육시설, 교회수련원, 폐교인 경우에는 다른 용도로 사용하는 경우에는 해당 용도시설로 구분
	기타 시설	공공용지	도청, 시청, 군청, 구청, 기타 관청, 연구소(정부, 공공, 민간등), 병원, 용양소, 교회, 절, 경기장 등의 공공시설
		양어장,양식장	어류 및 어패류, 해조류 등을 양식하기 위해 사용하는 시설 및 용지
		채광지역	석재를 채취하는 지역 및 부대시설을 말함, 골재채취장의 경우에는 레미콘 공장이 있는 경우에는 채석장으로 구분하고 없는 경우에는 공업용지로 구분함
매립지		폐기물 및 쓰레기 매립지와 집적장, 대규모 소각장	
광천지		지하에서 온수, 약수, 석유류등이涌출되는涌출구와涌출구의유지를 위한 용지(온천, 광천수 등의 채굴과 유지관리를 위한 시설(온천공, 온수 탱크 등)만으로 판정하고, 위탁시설, 복합시설(목욕탕, 놀이 동산)의 경우에는 사용목적에 따라 판정)	
가축사육시설	대단위 양계장, 축사, 폐축사 등이 밀집된 지역		
수계	습지	갯벌	조수에 따라 그 범위가 달라질 수 있는 지역으로서 수시로 바닷물이 칠 수 있으며, 염분에 강한 식물들이 존재할 수 있는 지역으로 바닷가의 벌
		염전	바닷가에서 소금 생산에 이용되는 지역
	하천	하천	실폭하천 및 부속토지(일반적으로 하천에서 제방까지를 포함)
	호소	호,소	물이 고여있는 저수지, 늪
		댐	발전과 홍수 예방등을 목적으로 건설된 대단위 저수관제 시설로서 제방 상단의 폭이 6m이상인 조정지 댐과 부대 시설을 포함
기타	백사장	바닷가의 모래(해변 또는 사빈)등	

의 주관적인 의견이 배제되어야 하며, 이를 위해 학습데이터의 표준화와 다양한 데이터의 융합활용이 필요하다고 하였다.

연구 방법별로 딥러닝 모델의 적용 종류를 살펴 보면, 토지피복분류 연구에서는 CNN, 2D CNN, 3D CNN, U-Net, SegNet, DeepLab, VGG-16, GoogLeNet등을 활용하였으며(Song and Kim, 2017; Lee and Kim, 2019; Choi et al.,

2020; Lee and Lee, 2020; Won et al., 2020; Kim et al., 2021; Lee and Lee, 2021), 이창희 외(2021)는 이들 연구에서 데이터 신뢰도의 중요성으로 학습데이터의 라벨링 과정에 기준이 불확실하거나 연구자의 주관적 의견이 포함될 경우 데이터 품질에 문제가 발생할 수 있다고 서술하였다. 객체탐지 연구의 경우, 영상내 건물이나 차량 등 특정 물체의 탐지를 목표로 연구가 수

표 3. Comparison of deep learning research (이창희 외, 2021)

Platform	Aircraft	UAV	Satellite
Main Research Field	<ul style="list-style-type: none"> - Research mainly related to land-cover classification (urban and agricultural areas) - A few research related to building detection, data, augmentation, ortho image generation, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Research mainly related to land-cover classification and object detection - Diverse object detection targets e.g., vehicles, vehicle license plate, coastal waste, forest fire hazard (wildfire, smoke, vehicle, building, person, grave), etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relatively much research conducted - Diverse topics e.g., image classification, cloud detection, image fusion, super resolution, surface temperature estimation, change detection, etc. - Many studies such as change detection conducted due to easy accessibility of time-series satellite images
Training Dataset Construction	<ul style="list-style-type: none"> - Mainly using open source data such as ISPRS labeling data, digital map, GIS data, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Mostly using self-generated training data Directly generating labeling data from images downloaded from internet 	<ul style="list-style-type: none"> - Building training data using QA band or UDM provided together with satellite images - using aerial image-based open source labeling data by applying transfer learning
Used Deep Learning Network	<ul style="list-style-type: none"> - Different deep learning networks used according to the purpose of the study rather than the difference of the platforms - Scene classification : 2D CNN, 3D CNN, SNet, Alexnet, GoogLeNet, ResNet - Object detection : YOLO, MaskRCNN - Semantic segmentation : SegNet, U-net, FC-DenseNet, HRNetV2, DeepLabV3+ 		

행되었으며 적용모델로는 Mask R-CNN, SSD, YOLO 등의 객체탐지 딥러닝 네트워크와 U-Net, HRNetV2, ResNet 등 분류, 의미론적 분할에 이용되는 딥러닝 네트워크 등이 이용되었다. 모델간 성능 비교를 수행한 연구로 소나무재선충병 감염의심목을 효율적으로 탐지하기 위해 분할방법인 SegNet과 객체검출방법인 YOLO v2을 적용하여 모델간 정확도를 비교한 연구가 있다(Lim and Do, 2021). 고해상도 항공사진을 이용한 연구에서는 건물/비건물의 분류나 농작물분류, 토지피복 분류 등을 목표로 SegNet, U-net, FC-DenseNet, HRNetV2 모델을 활용한 사례가 있다. 많은 연구에서 오픈소스데이터를 활용하기 보다는 대부분 라벨링 데이터를 직접 구축하였음을 알 수 있다. 위성영상과 항공사진, 드론영상 등 활용자료별 딥러닝 연구 방법의 차이는 표 3과 같다(이창희 외, 2021).

3.2 농업 · 농촌 분야

농경지를 대상으로 딥러닝 기술을 적용한 연구로는 곽근호 외(2019)의 작물 분류에서 시공간 특징을 고려하기 위한 2D CNN과 양방향 LSTM의 결합 연구가 이루어진 바 있고, 성선경 외(2020)는 RapidEye 위성영상을 이용하여 작물재배지역 추정을 위해 FC-DenseNet를 활용하였으며 동일 모델을 이용하여 다중분광밴드 위성영상에서 작물재배지역 추출과 재배지역의 비율에 따른 모델의 성능 평가(성선경 외, 2021; 성선경과 최재완, 2022) 연구를 수행한 바 있다. 비닐하우스 추출 기술에 관한 연구는 오형열 외(2021)는 Mask R-CNN을 이용하여 드론 영상에서의 비닐하우스 탐지를 수행하였으며, 윤병현 외(2023)가 수행한 위성영상의 계절적 특성에 따른 비닐하우스 탐지 연구가 있다. 최근 농촌토지이용에서 위해시설과 지역활성화 시설로서 논란이 분분한 태양광

시설물 탐지와 관련한 연구의 경우, 오연곤(2019)은 다중센서 드론을 이용한 태양광 패널 탐지와 모니터링 연구에서 Mask RCNN 모델을 적용하였고, 김하영은 YOLO v2를 이용하여 고해상도 항공영상에서의 태양광발전소 탐지 연구를 수행한 바 있다(김하영, 2022; 김하영 외, 2022).

4. 마치면서

농촌공간재구조화법이 본격적으로 시행되고 지자체별 공간계획 수립이 의무화된 상황에서 신뢰성 있는 의사결정 기반자료의 확보는 매우 중요하다. 본 고에서는 대표적인 국토모니터링 기반자료인 토지피복도와 토지이용현황도의 최근 구축현황과 특징을 살펴보고 토지이용현황 모니터링과 관련한 연구동향을 검토하였다. 이를 통해 공공데이터의 자료특성을 이해하고 지역의 공간발전 계획목표에 부합하는 자료를 선별하여 연구를 수행하는 데 도움이 되기를 바란다.

참고문헌

1. Choi, YJ, Kim, MS, Kim, YW and Han, SH, 2020, A study of CNN-based super-resolution method for remote sensing image, Korean Journal of Remote Sensing, Vol.36, No. 3, pp. 449-460.
2. Kim, J, Song, YH and Lee, WK, 2021, Accuracy analysis of multi-series phenological landcover classification using u-net based deep learning model - focusing on the seoul, republic of korea, Korean Journal of Remote Sensing, Vol.37, No. 3, pp. 409-418.
3. Lee, MJ, Lee, WJ, Lee, SK and Jung HS, 2022, Deep Learning for Remote Sensing Applications, Korean Journal of Remote Sensing, Vol.38, No.6-2, 2022, pp.1581~1587
4. Lee, SH, and Kim, JS, 2019, Land cover classification using semantic image segmentation with deep learning, Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 35, No. 2, pp. 279-288.
5. Lee, SH, and Lee, MJ, 2020, A study on deep learning optimization by land cover classification item using satellite imagery, Korean Journal of Remote Sensing, Vol.36, No. 6-2, pp. 1591-1604.
6. Lee, SH, and Lee, MJ, 2021, A study of establishment and application algorithm of artificial intelligence training data on land use/cover using aerial photograph and satellite images, Korean Journal of Remote Sensing, Vol.37, No.5-1, pp. 871-884.
7. Lim, ET and Do, MS, 2021, Pine wilt disease detection based on deep learning using an unmanned aerial vehicle, Journal of Civil and Environmental Engineering Research, Vol. 41, No. 3, pp. 317-325.
8. Seong, SK, Choi, HS, Mo, JS, and Choi J, 2021, Availability Evaluation of Object Detection Based on Deep Learning Method by Using Multitemporal and Multisensor Data for Nuclear Activity Analysis, Korean Journal of Remote Sensing, 37(5-1): 1083-1094
9. Song, AR, and Kim, YI, 2017, Deep learning-based hyperspectral image classification with application to environmental geographic information systems, Korean Journal of Remote

- Sensing, Vol.33, No.6-2, pp.1061~1073.
10. Won, T, Song, J, Lee, B, Pyeon, MW, and Sa, J, 2020. Application of a deep learning method on aerial orthophotos to extract land categories. Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 38, No. 5, pp. 443-453.
 11. 객근호, 박민규, 박찬원, 이경도, 나상일, 안호용, 박노옥, 2019, 작물 분류에서 시공간 특징을 고려하기 위한 2D CNN과 양방향 LSTM의 결합, 대한원격탐사학회지, 35권, 5-1호, 681-692
 12. 국토교통부, 2024, V-WORLD 디지털트윈국토 - 토지이용현황도 분류항목(코드), https://www.vworld.kr/dtmk/dtmk_ntads_s003.do?dslid=30240&fileNo=2 (2024년 4월 30일 검색)
 13. 김하영, 2022, YOLO v2를 이용한 태양광 발전 시설 객체 탐지 분석, 전남대학교 석사학위논문
 14. 김하영, 나라, 주동혁, 최규훈, 오윤경, 2022, YOLO v2를 이용한 고해상도 항공영상에서의 태양광발전소 탐지 방법 연구, 한국농공학회지, 28권, 2호, 87-96
 15. 농림축산식품부(농식품부), 2024, 농촌공간 재구조화 및 재생 기본방침(농촌공간기본방침)
 16. 서기환 외, 2018, 지속가능한 국토발전을 위한 토지이용변화 모니터링 방안 연구:딥러닝 알고리즘 활용을 중심으로, 국토연구원
 17. 성선경, 나상일, 최재완, 2020, RapidEye 위성 영상을 이용한 작물재배지역 추정을 위한 FC-DenseNet의 활용성 평가, 대한원격탐사학회지, 36권, 5호, 823-833.
 18. 성선경, 모준상, 나상일, 최재완, 2021, 다중분광밴드 위성영상의 작물재배지역 추출을 위한 Attention Gated FC-DenseNet, 대한원격탐사학회지, 37권, 5호, 1061-1070.
 19. 성선경, 최재완, 2022, 훈련자료 내 재배지역의 비율에 따른 딥러닝 모델의 성능 평가, 대한원격탐사학회지, 38권, 6호, 1007-1014.
 20. 오연근, 2019, 다중센서 드론을 이용한 태양광 패널 탐지와 모니터링, 서울시립대학교 석사학위논문.
 21. 오행열, 김건, 강지훈, 정명훈, 2021, Mask R-CNN을 이용한 드론 영상에서의 비닐하우스 탐지, 2021년 대한공간정보학회 춘계학술대회, 65-66.
 22. 윤병현, 장안진, 성선경, 최재완, 2023, 위성영상의 계절적 특성에 따른 비닐하우스 탐지 결과 분석, 한국측량학회지, 41권, 2호, 127-134.
 23. 이창희, 윤예린, 배세정, 어양담, 김창재, 신상호, 박소영, 한유경, 2021, 국내학회지 논문 리뷰를 통한 원격탐사 분야 딥러닝 연구 동향 분석, 대한원격탐사학회지, 39권, 6호 351-370.
 24. 이형동, 2004, GIS와 RS를 활용한 토지이용 변화분석: 고양시 택지개발을 사례로, 석사학위논문, 경희대학교
 25. 환경부, 2024, 토지피복지도, 국가통계로 승인 (보도자료)(정보화 4.25)

감사의 글

본 성과물은 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단-중견연구사업(NRF-2020R1A2C1010502) (과제명: 융복합 농산업화를 위한 경지이용계획 방법 연구)과 농촌진흥청 연구사업(PJ01710502)의 지원에 의해 이루어진 것임(과제명: 증거(evidence) 기반 농촌공간계획 의사결정 지원시스템 구축).