

Letter

## 직불제 이행점검 모니터링을 위한 원격탐사 기법 활용성 평가

안호용 <sup>1)</sup> · 류재현 <sup>2)</sup> · 이경도 <sup>1)\*</sup>

### Assessment of the Utility of Remote Sensing Techniques for Monitoring Compliance with Direct Payment Programs

Hoyong Ahn <sup>1)</sup> · Jae-Hyun Ryu <sup>2)</sup> · Kyungdo Lee <sup>1)\*</sup>

**Abstract:** The public-interest direct payment program involves providing direct payments to agricultural producers and rural residents through public funds, premised on performing public functions such as environmental conservation, stable food supply, and maintaining rural communities via agricultural activities. Scientific estimation of crop cultivation areas and production levels is crucial for formulating agricultural policies linked to regulating food supply, which increasingly impacts the national economy. Conducting comprehensive on-site inspections for compliance monitoring of direct payment programs has shown very low efficiency in relation to budget and time. The expansion of areas subject to compliance monitoring and various challenges in on-site inspections necessitate streamlining current monitoring methods and devising effective strategies. As a solution, the application of Remote Sensing technology and spatial information utilization, allowing swift acquisition of necessary information for policies without overall on-site visits, is being discussed as an efficient compliance monitoring method. Therefore, this study evaluated the potential use of remote sensing for improving operational efficiency in monitoring compliance with public-interest direct payment programs. Using satellite images during farming seasons in Gimje and Hapcheon, vegetation indices and spatial variations were utilized to identify cultivated areas, presence of mixed crops, validated against on-site inspection data.

**Keywords:** Direct payment, Remote sensing, Normalized difference vegetation index, Coefficient of variation

**요약:** 공익직불제란 농업활동을 통해 환경보전, 식량의 안정적 공급, 농촌 공동체 유지 등 공익기능을 수행하는 것을 전제로 전부 재정을 통해 농업생산자와 농촌 주민들에게 직불금을 지급하는 제도를 의미한다. 작물 재

Received November 24, 2023; Revised November 29, 2023; Accepted December 8, 2023; Published online December 31, 2023

<sup>1)</sup> 농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화평가과 연구사(Researcher, Climate Change Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, Republic of Korea)

<sup>2)</sup> 농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화평가과 박사후연구원(Postdoctoral Researcher, Climate Change Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, Republic of Korea)

\* Corresponding author: Kyungdo Lee (kdlee11@korea.kr)

Copyright © 2023 by The Korean Society of Remote Sensing. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

배면적과 생산량 등 작황을 과학적으로 추정하는 것은 농산물 수급 조절과 연계된 농업정책 수립에 기반이 되므로 국가 경제에 미치는 영향으로 인해 중요성이 점차 증가하고 있다. 공익직불제 이행점검과 관련하여 현장 조사를 통한 전수조사는 예산 및 소요시간 대비 매우 낮은 효율성을 보여준다. 이러한 직불제 이행점검 대상 면적의 증가와 현장 조사의 다양한 어려움은 현행 이행점검의 효율화와 대응책 마련 필요성을 요구하고 있다. 이에 대한 방안으로 전체적인 현장 방문 없이도 정책에 필요한 정보를 신속하게 취득하게 해 주는 원격탐사 기술의 적용과 공간정보 활용 방법은 효율적인 이행점검 방법으로 논의되고 있다. 따라서 본 연구는 공익직불사업 이행점검 시 업무효율성 향상을 위한 위성영상 활용 가능성을 평가하였다. 김제시(평지)와 합천군(산지)을 대상으로 영농기에 촬영된 위성영상의 식생지수와 공간변이를 활용하여 농경지 경작 유무, 혼재지를 판별하고 그 결과를 현장조사 자료를 통해 검증하였다. 향후 발사 예정인 차세대 중형위성 4호(농림위성)의 경우 한반도를 3일에 촬영할 수 있는 높은 시간해상도와 공간해상도(5 m)를 바탕으로 공익직불제 이행점검 및 시계열 영상을 활용한 전락작물직불제(동계작물, 콩 등) 적용이 가능할 것으로 기대된다.

**주요어:** 직불제, 원격탐사, 식생지수, 공간변이

## 1. 서론

대한민국의 농정에서 중요한 역할을 해온 직접 직불제가 2020년 ‘농업, 농촌 공익기능 증진 직접직불제도(공익직불제)’로 개편 시행되었다. 공익직불제란 농업 활동을 통해 환경보전, 식량의 안정적 공급, 농촌 공동체 유지 등 공익기능을 수행하는 것을 전제로 전부 재정을 통해 농업생산자와 농촌 주민들에게 직불금을 지급하는 제도를 의미한다(Kim et al., 2021). 국외의 경우 유럽연합의 공동농업정책(Common Agricultural Policy)은 1962년 태동 이후 지속적으로 개혁을 거쳐 왔다. 이러한 개혁 배경에는 유럽 농업 부문과 농촌 지역 안팎을 둘러싼 여건 변화와 이에 대응하려는 시도가 자리 잡고 있었다.

2011년부터 준비하여 2014~2020년 동안 시행한 공동농업정책도 기본직불제(Basic Payment Scheme)로 전환, 녹색직불제(Greening Payments) 도입 및 직불제 예산 중 30% 의무 할당, 소농 직불제(Small Farmers Scheme) 및 청년농 직불제(Young Farmers Payments) 도입 등 새로운 변화를 시도하였다(Rhew et al., 2016). 이러한 직불제 정책과 농산물 수급안정에 있어 작물 재배면적과 생산량 등 작황을 과학적으로 추정하는 것은 농업정책 수립에 기반이 되므로 국가 경제에 미치는 영향으로 인해 중요성이 점차 증가하고 있다(Hong et al., 2012).

직불제 이행점검은 직불금 신청농가 중 표본을 선정하여 현장 방문, 인터뷰 등을 통해 신청내용을 확인하여 수행하고 있다. 직불제 대상 면적은 매년 증가하고

있으며, 이에 따른 현장 조사원의 업무 증대와 산악지역 등 접근이 어려운 지역 증가는 조사원의 업무 능력을 저하시키고, 7월에서 9월의 조사기간은 폭염, 장마 등 기상여건으로 현장 조사의 어려움을 더하고 있다(Park and Park, 2016). 이러한 직불제 이행점검 대상 면적의 증가와 현장 조사의 다양한 어려움은 현행 이행점검의 효율화와 대응책 마련 필요성을 요구하고 있다.

이에 대한 방안으로 전체적인 현장 방문 없이도 정책에 필요한 정보를 신속하게 취득하게 해주는 원격탐사 기술의 적용과 공간정보 활용 방법은 효율적인 이행점검 방법으로 논의되고 있다. 그러나 각 시기별 재배 농작물의 생육 차이는 어느 시기의 공간정보를 활용해야 효율을 극대화할 수 있는지, 실제 업무 적용이 가능한지에 대한 문제 해결을 요구하고 있다(Allan, 1986; Curran, 1985; Blazquez et al., 1981; Odenweller and Johnson, 1984).

최근 국내에 다양한 위성개발이 진행되고 있으며 특히 차세대중형위성 2단계 사업중 농림위성의 경우 측폭이 120 km에 달하는 광역관측용 전자광학 카메라로 5 m급의 공간해상도의 영상을 제공한다. 농작물의 분류 및 작황분석에 주목적인 점을 고려하여 기존 위성의 가시-근적외(Visible and Near Infrared, VNIR) 파장에 식생에 민감한 적색경계(Red-Edge) 파장이 추가되었다. 과학기술정보통신부, 농촌진흥청, 산림청의 공동 다부처사업으로 2025년 발사를 목표로 개발중에 있다.

본 연구는 공익직불사업 이행점검 시 업무효율성 향상을 위한 농림위성 활용 가능성을 평가하였다. 김제시와 합천군을 대상으로 영농기에 촬영된 위성영상의 식

생지수와 공간변이를 활용하여 농경지 경작 유무, 혼재지를 판별하고 그 결과를 현장조사 자료를 통해 검증하였다.

## 2. 연구자료 및 방법

### 2.1. 연구지역

지형의 대표성을 고려하여 평지 지형인 전라북도 김제시와 산지 지형인 경상남도 합천군을 위성영상기반 공익식물제 이행점검 평가지역으로 선정하였다(Fig. 1). 김제시는 우리나라의 대표적인 벼 생산지로 만경강과 동진간 하류의 김제·만경 평야를 끼고 있는 우리나라 제1의 곡창지대이다. 2018년 기준 총 경지면적은 28,325 ha로 경지율이 52.4%에 달하며, 그 가운데 논이 23,977 ha로 83.8%를 차지하여 벼농사 중심의 주곡농업이 이루어진다. 합천군은 소맥산맥의 지맥이 남쪽으로 뻗어 내려오다가 서북부의 비교적 높은 가야산 부근을 제외하고는 상대적으로 낮은 산지부와 그것의 산간지분지가 북부 및 중앙지대에 널리 분포되어 있다. 국내의 대표적인 양파 및 마늘 주산지이며, 전체 면적 938.5 km<sup>2</sup> 중 농경지 면적은 132.16 km<sup>2</sup>로서 비율은 13.4%를 차지한다.

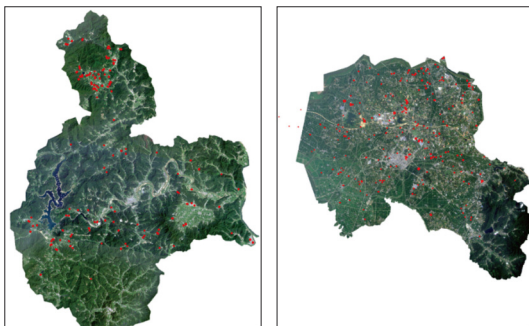


Fig. 1. Study area: (a) Hapcheon-gun and (b) Gimje-si.

### 2.2. 연구자료

향후 농림위성을 이용하여 작물 재배지역을 효과적으로 검출하기 위한 방법론을 수립하고자, 본 연구에서는 농림위성과 유사한 분광특성과 시간해상도를 가진 초소형 위성인 PlanetScope 위성영상을 이용하여 실험을 수행하였다. 위성의 제원은 Blue, Green, Red, Red-

Table 1. Characteristics of PlanetScope (Dove)

Altitude	475 km
Spectral Band	Blue: 457.5–522.5 nm Green: 540.2–577.5 nm Red: 650–680 nm Red Edge: 697.5–712.5 nm NIR: 855–875 nm
Frame Size	32.5 × 19.6 km
Spatial Resolution	3.7 m
SNR	130@NIR

Edge, Near-Infrared (NIR)의 5개 밴드로 이루어져 있으며, 공간해상도는 3.7 m이다. PlanetScope 위성 영상은 획득된 위성영상의 특성에 따라서 PS2, PS2.SD, PSB.SD로 구분된다. PS2 및 PS2.SD는 4개의 밴드(Blue, Green, Red, NIR)로 이루어진 영상을 제공하는 반면, PSB.SD는 5개의 밴드(Blue, Green, Red, Red-Edge, NIR)를 제공하며, 해당 밴드들은 Sentinel-2 위성영상과 유사한 분광특성을 가진다. PSB.SD 위성영상의 제원은 Table 1과 같다. 위성영상만을 이용하여 농경지를 판별하는 것은 휴경지 및 시기별 영농특성에 따라 부정확한 결과와 많은 시간이 소요되므로 본 연구에서는 농산물품질관리원에서 제작하는 농경지도(팜맵)와 식물제 이행점검 시 사용되는 지적도를 사용하였다.

### 2.3. 식생지수와 공간변이

식생의 앞에는 다량의 엽록소가 포함되어 있다. 엽록소는 가시광선 영역과 근적외 영역에서 반사특성이 다르다. 따라서 두 파장의 반사율 차이를 이용하여 식생 내 엽록소의 상대적인 양을 추정할 수 있다. 약 50개 이상의 다른 식생지수가 원격탐사에서 사용되고 있으나 (Bannari et al., 1995), 본 연구에서는 Rouse et al. (1973)의 정규화 식생지수(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)를 사용하여 식물제 이행점검 모니터링을 수행하였다.

일반적으로 많이 알려진 NDVI는 주로 식생 활력도를 나타내며,  $-1.0 < NDVI < +1.0$ 의 범위를 가지고 1에 가까울수록 식생의 활력도가 아주 좋은 지역, 나대지 또는 사막은 거의 0에 가깝게 산출된다. 변동계수 또는 공간변이(Coefficient of Variation, CV)는 변동성에 대한 척도로서, 식생지수의 표준편차( $\sigma$ )가 평균( $\mu$ )에 비해 얼마나 큰가를 나타내는 통계량이다. 즉, CV는 필지 내 식생

지수의 균질도를 나타내는 지표로서 직불제 이행점검 모니터링 시 필지 내 작물이 아닌 시설 등의 혼재지 구분이 가능하다.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} + \rho_{Red}}{\rho_{NIR} - \rho_{Red}} \quad (1)$$

$$CV = \frac{\sigma_{NDVI}}{\mu_{NDVI}} \quad (2)$$

### 2.4. 연구방법

직불제 모니터링을 위한 연구흐름도는 Fig. 2와 같다. 전처리가 완료된 위성영상과 농경지 경계지도를 바탕으로 필지별 식생지수와 식생지수 공간변이를 비교하

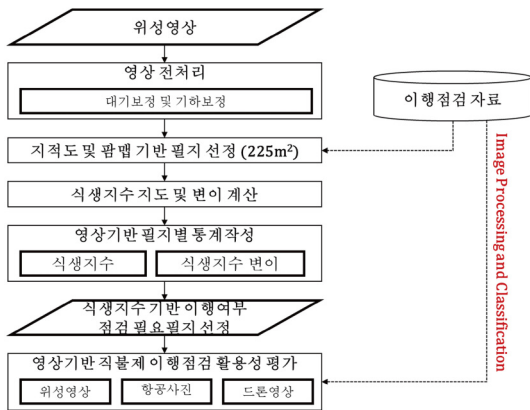


Fig. 2. Flowchart of research satellite for direct payment program compliance monitoring.

여 경작 유무, 시설혼재지 판별절차 통해 현장점검이 필요한 필지를 산정한다. 본 연구는 향후 발사 예정인 농림위성의 활용성을 평가하기 위해 농림위성과 유사한 초소형 위성인 PlanetScope 영상을 사용하였으며, 농경지 경계지도의 경우 팜맵(Farm map)과 지적도를 적용하여 비교하였다. 평지의 농경지와 산지의 농경지 특성을 비교하기 위해 김제시와 함천군을 연구지역으로 선정하였으며, 실제 이행점검 사례 결과를 비교·분석하였다. 이를 통해 직불제 이행점검에 있어 위성영상의 활용성과 향후 위성·항공영상의 적용 방향을 제시하였다.

### 3. 연구결과

#### 3.1. 위성영상 기반 직불제 이행점검 기준 설정 - 평지

평야지역인 김제시 직불제 이행점검을 위해 2022년 7월 28일 촬영된 위성영상의 식생지수 및 공간변이와 팜맵을 바탕으로 분석하였다. 탐지가능을 위한 면적의 기준은 위성영상 공간해상도(3 m)를 기준으로 5 × 5 pixel (225 m<sup>2</sup>) 이상의 농경지를 분석하였으며, 탐지가능 농경지를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 필지 수 기준 약 72% 농경지 탐지가 가능하였다. 이 중 정상경작지 추정을 위한 NDVI는 0.5 이상, 혼재지 구별을 위한 CV는 0.2 이하로 시설재배지를 제외한 정상 경작지를 추정한 결과, 필지 수 기준 약 3.1% 농경지가 기준을 만족하지 못

Table 2. Analysis results of detectable farmland in Gimje-si (Farm map)

Category	Detectable		Excluded area (<225 m <sup>2</sup> )		Ratio (%)	
	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)
Orchard	2,105	546	39	1	98.20	99.88
Paddy	62,564	20,234	187	3	99.70	99.98
Field	40,233	5,337	14,306	187	73.80	96.62
Uncultivated	301	18	1,120	11	21.20	63.49
Facility	3,723	648	6,724	64	35.60	91.05

Table 3. Estimated compliance of farmland in Gimje-si (NDVI>0.5, CV<0.2)

Category	Needs verification		Cultivated compliance		Ratio (%)	
	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)
Orchard	57	13	2,048	532	2.70	2.50
Paddy	880	285	61,684	19,949	1.40	1.40
Field	2,665	610	37,568	4,727	6.60	11.40
Uncultivated	56	5	245	13	18.60	29.00

**Table 4.** Analysis results of detectable farmland in Hapcheon-gun (Farm map)

Category	Detectable		Excluded area (<225 m <sup>2</sup> )		Ratio (%)	
	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)
Orchard	1,098	248	51	1	95.60	99.70
Paddy	28,768	4,177	1,487	23	95.10	99.50
Field	42,642	4,474	21,554	273	66.40	94.30
Uncultivated	32	2	355	2	8.30	45.10
Facility	1,574	364	1,573	13	50.00	96.60

**Table 5.** Estimated compliance of farmland in Hapcheon-gun (NDVI>0.5, CV<0.2)

Category	Needs verification		Cultivated compliance		Ratio (%)	
	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)
Orchard	23	10.10	1,075	237.90	2.10	4.10
Paddy	399	63.00	28,369	4,114.30	1.40	1.50
Field	1,515	208.30	41,127	4,265.90	3.60	4.70
Uncultivated	4	0.50	28	1.50	12.50	23.10

하여 현장점검이 필요할 것으로 판단된다(Table 3).

못하여 현장점검이 필요할 것으로 판단된다(Table 5).

**3.2. 위성영상 기반 직불제 이행점검 기준 설정 - 산지**

산악 및 분지지형인 합천시의 직불제 이행점검을 위해 2022년 8월 28일 촬영된 위성영상의 식생지수 및 공간변이를 바탕으로 분석하였다. 탐지가능을 위한 면적의 기준은 위성영상 공간해상도(3 m)를 기준으로 5 × 5 pixel (225 m<sup>2</sup>) 이상의 농경지를 분석하였으며, 탐지가능 농경지를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 필지 수 기준 약 75% 농경지 탐지가 가능하였다. 이 중 정상경작지 추정을 위한 NDVI는 0.5 이상, 혼재지 구별을 위한 CV는 0.2 이하로 시설채배지를 제외한 정상 경작지를 추정한 결과 필지 수 기준 약 3% 농경지가 기준을 만족하지

**3.3. 점검사례 분석**

위성영상 기반 직불제 이행점검 모니터링 방법을 검증하기 위해 개인정보가 제외된 2022년 김제시 및 합천군 이행점검 사례를 바탕으로 분석하였다. 직불제 이행점검은 지적도를 기준으로 적용한다. 김제시의 경우 위성영상의 공간해상도 및 필지면적을 고려 할 때 이행점검이 필요한 총 84개의 필지 중 74개 필지(88.1%)를 탐지할 수 있었다. 식생지수와 공간변이를 적용하였을 때 74개 필지 중 63개 필지(85.1%, 63필지/74필지)에서 이상이 있음을 확인하였다. 따라서 전체 탐지율은 75.0% (63필지/84필지)로 나타났으며, 필지 내 소규모 형상변

**Table 6.** Analysis results of detectable farmland in Gimje-si (Cadastral map)

Category	Detectable		Excluded area (<225 m <sup>2</sup> )		Ratio (%)	
	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)
Orchard	2	0.24	-	-	100.00	100.00
Paddy	29	8.49	4	0.06	87.90	99.30
Building	2	0.06	1	0.02	66.70	76.50
Road	1	0.03	-	-	100.00	100.00
Lake	1	0.12	-	-	100.00	100.00
Forest	2	0.31	-	-	100.00	100.00
Hybrid	1	0.3	-	-	100.00	100.00
Field	35	6.67	5	0.07	87.50	98.90
River	1	0.05	-	-	100.00	100.00

**Table 7.** Estimated compliance of farmland in Gimje-si (Inspection case)

Category	Detected non-compliance		Undetected non-compliance		Ratio (%)	
	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)
Orchard	2	0.24	-	-	100.00	100.00
Paddy	19	5.25	10	3.24	65.52	61.84
Building	2	0.06	-	-	100.00	100.00
Road	1	0.03	-	-	100.00	100.00
Lake	-	-	1	0.12	0.00	0.00
Forest	1	0.17	1	0.14	50.00	54.84
Hybrid	-	-	1	0.30	0.00	0.00
Field	35	6.67	-	-	100.00	100.00
River	1	0.05	-	-	100.00	100.00

**Table 8.** Analysis results of detectable farmland in Hapcheon-gun (Cadastral map)

Category	Detectable		Excluded area (<225 m <sup>2</sup> )		Ratio (%)	
	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)
Paddy	83	15.39	4	0.03	95.40	99.81
Pasture	1	0.05	-	-	100.00	100.00
Lake	2	0.74	-	-	100.00	100.00
Forest	1	0.10	-	-	100.00	100.00
Hybrid	1	0.08	-	-	100.00	100.00
Field	61	8.82	4	0.07	93.85	99.21
River	1	0.15	-	-	100.00	100.00

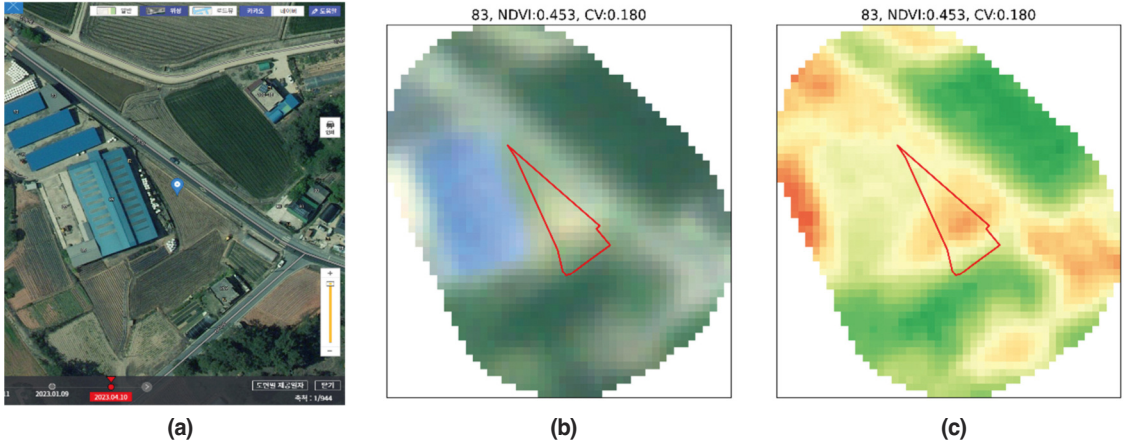
**Table 9.** Estimated compliance of farmland in Hapcheon-gun (Inspection case)

Category	Detected non-compliance		Undetected non-compliance		Ratio (%)	
	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)	Count	Area (ha)
Paddy	78	13.72	5	1.67	93.98	89.15
Pasture	1	0.05	-	-	100.00	100.00
Lake	2	0.74	-	-	100.00	100.00
Forest	1	0.10	-	-	100.00	100.00
Hybrid	1	0.08	-	-	100.00	100.00
Field	59	8.07	2	0.75	96.72	91.50
River	1	0.15	-	-	100.00	100.00

경의 경우 추가 확인이 필요하다(Tables 6, 7).

함천군 사례의 경우 위성영상의 공간해상도 및 필지면적을 고려 할 때 이행점검이 필요한 총 158개의 필지 중 150개 필지(94.9%)를 탐지할 수 있었으며, 식생지수와 공간변이를 적용 하였을 때 150개 필지 중 143개 필지(95.3%)에서 이상이 있음을 확인하였다. 따라서 전체 탐지율은 90.5% (143필지/158필지)로 나타났으며, 필지 내 소규모 형상변경의 경우 현장 점검이 필요하다

(Tables 8, 9). Fig. 3는 이행점검 사례를 위성영상, 식생지수(공간변이)를 통해 탐지된 예시이다. 대상 농지의 경우 공부상 면적이 684 m<sup>2</sup>이지만 포장농로 신설로 인해 300 m<sup>2</sup> 면적이 폐경되어 농지형상을 미유지 하였다. 항공영상(2021년 촬영)에서는 확인이 불가능하나 위성영상에서는 광학영상으로 육안판독시 한계를 가지지만, 식생지수와 공간변이의 결과값을 바탕으로 이행점검에 대한 모니터링이 가능하다.



**Fig. 3.** Case of direct payment compliance. (a) Aerial image. (b) Satellite-based RGB image. (c) Satellite-based NDVI image.

#### 4. 토의

합천군의 경우 김제시와 다르게 소규모(225 m<sup>2</sup>) 이하의 밭 필지가 많아 탐지가능 비율이 상대적으로 낮게 나타난 것으로 판단된다. 또한 전체 필지와 점검사례의 탐지율 차이는 전체필지의 경우 농경지 경계만을 나타내는 팜맵을 사용하였으나, 실제 직불제 이행점검시 사용되는 필지는 지적도 기반의 필지를 사용하기 때문에 지적도와 팜맵의 경계 차이에서 기인하는 것으로 사료된다. 따라서 향후 직불제 적용에 있어 농경지 경계 기준이 설정되어야 한다.

본 연구에서는 필지 내 식생지수와 공간변이를 사용하여 농경지의 경작유무 및 혼재지를 판별하였다. 그중 위성의 공간해상도에 따른 탐지가능 최소면적을 고려함에 있어 5 × 5 pixel을 최소면적 기준으로 산정하였다. 일반적으로 우리나라 평야지(논)의 평균 크기는 약 100 × 40 m로 제시한 기준을 만족하지만 소규모의 경작지(밭)이나 산지의 경우 이보다 작은 면적을 가지므로 탐지가 되지 않는 한계를 가진다. 육안판독시 인간의 시각체계상 개체 구분(인식)이 가능한 최소 픽셀이 8 × 8 pixel에서 80%의 정확도(Torralla, 2009)인 점을 고려할 경우 농림위성 사양인 5 m 공간해상도의 경우 1,600 m<sup>2</sup> 이상이 되어야 판독이 가능하므로 활용성에 한계를 가진다. 하지만 식생지수와 공간변이를 활용할 경우 혹은

4 × 4 pixel의 농경지(400 m<sup>2</sup>)에서도 육안 판독이 아닌 식생지수만으로 이행점검 여부에 대한 이상유무 탐지가 가능할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 팜맵과 지적도라는 농경지 경계를 구분짓는 만큼 식생지수 변이에 있어 탐지 가능한 최소기준을 설정하는 것이 중요하다. 직불제의 경우 정확한 경지면적 산정을 통해 직불금을 지급하는 제도로서 본 연구는 전체 필지 중 현장점검이 필요한 필지 정보만 제공 하는 한계점을 가진다. 따라서 소규모 형상 변경필지의 경우 항공사진 혹은 드론영상을 활용한 면적산정이 필요하며, 딥러닝과 같은 모델을 활용하여 면적을 탐지한다면 비용 및 효율성 측면과 객관성을 모두 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

직불제의 경우 공익직불제 뿐만 아니라 전략작물 직불제 등 다양한 제도가 있으며, 특히 전략작물 직불제의 경우 수급안정을 위한 제도적 장치로 중요한 역할을 담당한다. 대표적인 전략작물인 직불작물의 경우, 논콩, 바로미(가루쌀), 동계 조사료 등이 있다. 이러한 작물의 벼, 마늘, 양파 등의 작물과 유사한 시기에 재배되기 때문에 단순한 식생지수와 공간변이로는 분류 한계를 가진다. 하지만 작물의 생육주기, 영농특성을 고려한 시계열 위성영상의 작물 분광특성을 적용할 경우, 대규모 농경지에 대해 높은 정확도의 탐지 가능성을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. 결론

본 연구는 직불제 이행점검 모니터링을 위한 위성영상의 활용 가능성 평가를 분석하기 위해 위성영상의 식생지수와 필지 내 식생지수 공간변이를 이용한 활용 방안을 제시하였다. 공익직불제 이행점검에 있어 위성영상은 농경지 경작 유무 및 혼재지 판별에 대한 기초자료를 제공 할 수 있을것으로 판단된다. 필지 내 일정비율 이상의 형상변경의 경우 식생지수와 공간변이를 이용하여 탐지가 가능하지만 정확한 면적과 부적합 사유를 확인하기 위해서는 항공사진 혹은 드론과 같은 고해상도 영상이 필요할 것으로 사료된다.

위성영상의 해상도를 고려하여 탐지 최소면적과 재배작물 및 영농특성을 고려한 식생지수, 공간변이에 대한 기준을 설정하는데 있어 추가 연구가 필요하며, 실제 농경지 경계를 나타내는 팜맵과 지적 경계를 대표하는 지적도의 차이로 인해 모니터링에 있어 오차가 발생하므로 필지정보에 대한 보완이 필요하다. 향후 발사 예정인 차세대중형위성 4호(농림위성)의 경우 한반도를 3일에 촬영할 수 있는 높은 시간해상도의 장점을 활용하여 시계열 영상을 활용한 전략작물직불제(동계작물, 콩 등) 적용이 가능할 것으로 기대된다. 이를 위해 위성, 항공영상을 활용하여 직불제 모니터링 체계 구축을 위한 노력이 필요할 것이다.

## 사사

본 논문은 농촌진흥청 고유연구사업(과제번호: PJ016768)의 지원을 받았으며, 이에 감사드립니다.

## Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## References

- Allan, J. A., 1986. Remote sensing of agriculture and forest resources from space. *Outlook on Agriculture*, 15(2), 65–69. <https://doi.org/10.1177/003072708601500203>
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., and Huete, A. R., 1995. A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, 13(1–2), 95–120. <https://doi.org/10.1080/02757259509532298>
- Blazquez, C. H., Elliott, R. A., and Edwards, G. J., 1981. Vegetable crop management with remote sensing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47(4), 543–547.
- Curran, P. J., 1985. Aerial photography for the assessment of crop condition: A review. *Applied Geography*, 5(4), 347–360. [https://doi.org/10.1016/0143-6228\(85\)90012-8](https://doi.org/10.1016/0143-6228(85)90012-8)
- Hong, S. Y., Hur, J. N., Ahn, J. B., Lee, J. M., Min, B. K., Lee, C. K. et al., 2012. Estimating rice yield using MODIS NDVI and meteorological data in Korea. *Korean Journal of Remote Sensing*, 28(5), 509–520. <https://doi.org/10.7780/kjrs.2012.28.5.4>
- Kim, T. H., Lim, Y. A., and Im, J. H., 2021. *Reforming direction of optional direct payments for enhancing public benefits of agriculture and rural community* (Report No. R930). Korea Rural Economic Institute. <https://library.krei.re.kr/pyxis-api/1/digital-files/5ff1c023-a77c-49a4-b424-9795c528afca>
- Odenweller, J. B., and Johnson, K. I., 1984. Crop identification using Landsat temporal-spectral profiles. *Remote Sensing of Environment*, 14(1–3), 39–54. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(84\)90006-3](https://doi.org/10.1016/0034-4257(84)90006-3)
- Park, J. K., and Park, J. H., 2016. Applicability evaluation of agricultural subsidies inspection using unmanned aerial vehicle. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 58(5), 29–37. <http://doi.org/10.5389/KSAE.2016.58.5.029>
- Rhew, C. H., Park, J. K., Kim, J. I., and Park, J. Y.,



2016. *A study on enhancing the direct payment schemes based on multi-faceted evaluation* (Report No. R800). Koerea Rural Economic Institute. <https://library.krei.re.kr/pyxis-api/1/digital-files/605ba745-b59a-2a94-e054-b09928988b3c>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., and Deering, D. W., 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceedings of the 1973 3rd Earth Resources Technology Symposium*, Washington, D. C., USA, Dec. 10–14, pp. 309–317.
- Torralba, A., 2009. How many pixels make an image?. *Visual Neuroscience*, 26(1), 123–131. <http://doi.org/10.1017/S0952523808080930>