



장려상

영상 정보 기반 산지 출하량 정보와 도매시장 반입량 간의
관계를 이용한 고랭지 배추 출하량 산출 방법 연구

이재서 · 이광수 · 김혁진

영상 정보 기반 산지 출하량 정보와 도매시장 반입량 간의 관계를 이용한 고랭지 배추 출하량 산출 방법 연구

이재서* 이광수** 김혁진***

Key words

드론 이미지(drone image), 도매시장 반입량(wholesale market imports), 출하량(shipment), 초과녹색채지수(Excess Green Vegetation Index)

ABSTRACT

The purpose of this study is to contribute to the observation of supply and demand by studying a method of calculating cabbage shipments using drone images. The difference of the study is that it is possible to monitor and utilize the highland cabbage cultivation area or the situation of the field, which is an important factor in production through drone images.

To do this, the cultivation area is extracted from the drone image and multiplied by the number of units of production to calculate the shipment. The number of units of production compares and verifies the data provided by KOSTAT and KREI, and confirms the relationship by comparing it with the Gangwon-do wholesale market transaction volume data. Meanwhile, ExG is used to compare the changes in the RGB value of the drone image and the characteristics at the time of shipment.

As a result of the study, the number of units of production of KREI was more rational, and the shipments calculated from the information extracted from drone images showed meaningful results compared to the imports in the wholesale market. And it was confirmed that the ExG calculated using the RGB value of the drone image had a negative correlation with the harvested area, and the harvest time was determined by the amount of change in ExG and ExG.

This study has a limitation that the data used is one year. This limitation is expected to be resolved by accumulating data of improved quality in consideration of the collection method proposed by this study.

차례

- | | |
|------------------|---------|
| 1. 연구 필요성 및 목적 | 3. 연구내용 |
| 2. 선행연구 검토 및 차별점 | 4. 결론 |

*, **, *** FarmAI Lab 연구원

1. 연구 필요성 및 목적

1.1. 배추 가격의 변동 특징

2020년 배추 가격은 기록적인 최장 장마와 태풍의 영향으로 가격이 치솟았고, 2021년 초 겨울배추는 냉해 피해를 입기도 하였다. 2020년 배추 도매가격은 1월부터 9월까지 평년대비 22%에서 84%의 상승폭을 보이고, 10월은 206%까지 상승하였다(농림축산식품부, 2020). 해당 월의 배추 한 포기 소매가격은 11,284원이고, 2015년에서 2020년 사이 평균 배추 한 포기 소매가격은 3,890원이었다.

배추는 가격 변동이 매우 큰 채소 중 하나이며, 농가 조사 결과, 가격이 농가의 재배면적 증감을 결정하는 중요한 요인임이 확인되었다(김명환 외, 2015). 농산물은 기상 환경에 영향을 많이 받기 때문에 공급이 불안정적이고 이를 해결하기 위해 정부의 수급 안정 정책이 실시되고 있다. 하지만 생산자의 재배면적 결정에 영향을 미치지 못하면서 정책의 효과가 낮다는 견해가 있다(류상모, 2017). 농가가 이미 심은 이후에 제공되는 정보는 활용이 어렵기 때문에 농가의 의사결정에 필요한 정보를 적시에 제공할 수 있는 관측과 단수 예측이 중요하다(김명환 외, 2015).

1.2. 기존의 수급 예측 방법의 한계

배추 생산에 영향을 주는 기상요인과의 관계를 규명하고 단수를 예측하기 위한 다양한 연구들이 존재하였다. 류상모(2019)에서는 기상 정보를 가공하여 기상 위험정보를 연구에 도입하였고, 한석호 외(2011)는 작물이 성장하기에 적합한 최적의 환경 조건을 고려하기 위해 작물과 기상요인의 상관관계분석을 단순한 선형 방정식이 아니라 비선형 방정식 중 2차 함수 형태를 이용하여 통계적으로 단수의 최적점을 추정한 연구를 하였다. 하지만 기후온난화 등으로 인한 기상이변이 농산물 수급의 불안정성을 키우고 있는 상황에서, 수치적인 기상 자료만으로는 현장 상황을 대변하는 예측 모형을 구축하기 어려운 점이 있다.

1.3. 연구 목적

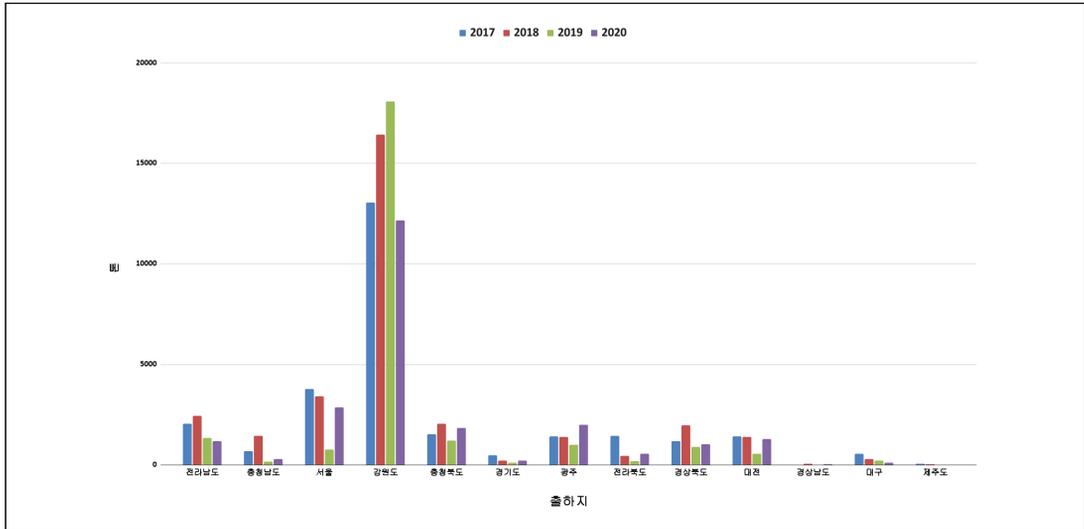
본 연구는 한국농촌경제연구원(이하 '농경연')에서 수집 중인 데이터(드론 이미지, 고랭지 배추 출하용 CCTV 집계)를 중심으로 산지 출하량과 도매시장 반입량 관계를 확인하고 드론 이미지가 관측에 적합하게 활용될 수 있는 방안을 제시하여 관측 정확도 제고 및 수급 예측에 기여하고자 한다.

2. 선행연구 검토 및 차별점

2.1. 강원도 고랭지 배추의 출하비중 검토

본 연구에서 활용하는 드론 이미지 데이터와 고랭지 배추 출하용 CCTV 집계 데이터는 강원도 지역에 해당하기 때문에 강원도 고랭지 배추 출하량이 전체 고랭지 배추의 출하량을 대표할 수 있는지 검토가 필요하였다. 이동현 외(2018)은 강원도 지역의 고랭지 배추 생산량은 전체의 90% 이상을 차지한다고 언급하였고, 농림축산식품부(2020)에 따르면 2019년도 강원도의 고랭지 배추 생산량은 전체의 93.4%이었다. 또한 김명환 외(2015)에서는 주산지의 경우 출하량 변동률 자체는 낮지만 비중이 높아 전체 출하량 변동에 미치는 기여도가 높기 때문에 주산지 재배면적 안정에 중점을 두는 것이 효과적이라고 언급함에 따라 본 연구는 강원도의 고랭지 배추 출하량을 분석하였다.

그림 1. 출하지별 전국 도매시장 반입량



주: 1) 2017~2020년 출하지별 전국 도매시장 반입량. 강원도가 가장 많은 비중을 차지하고 있음.

자료: 농경연 농업관측통계시스템 전국도매시장 경락가격자료

2.2. 고랭지 배추의 특성

배추는 서늘한 기후를 좋아하는 저온성 채소로서 생육기간은 50~90일이다. 생육 초기에는 높은 온도에 잘 견디나 생육에 가장 알맞은 온도는 20℃ 전후이고 결구의 최적온도는 15~16℃이다. 온도가 천천히 내려갈 경우에는 영하 8℃까지 견디나 갑자기 추워지면 영하 3~4℃에서 동해를 입는다. 종자는 젖은 상태에서 10℃ 이하로 일주일만 경과되면 꽃눈 분화를 하는 종자춘화형(種子春化形)이다. 또 어린 식물도 어느 정도 자라기 전에 13℃ 이하의 저온을 받으면 꽃눈이 분화되어 결구가 되지 않는다(한국민족문화대백과사전). 여름철 고온으로 재배가 어려운 채소작물이고, 해발고도가 높아질수록 기온이 점차 낮아지는 고랭지에서 단경기 고품질 생산이 가능하다(한석호 외, 2011). 고랭지 배추는 기상 영향이 가장 큰 작형으로 정식기 가뭄과 생육기 장마 및 태풍의 영향이 가장 크다. 이에 따라 습해와 병충해에 매우 취약한 편이고, 태풍과 집중 호우가 발생할 경우 생리적인 문제뿐만 아니라 포전 자체가 유실되는 경우도 많다(이동현 외, 2018).

표 1. 배추 생육시기별 온도조건

(단위: °C)

구분	최저온도	최적온도	최고온도
발아	4	18 ~ 22	35
생육	2 ~ 5	20 ~ 22	25
결구	5	15 ~ 18	23

자료: 농협종묘개발센터

표 2. 배추 재배시기 및 주산지

	육묘	정식 및 파종	수확	주산지	
배추	겨울배추	8월 중순 ~ 9월 상순	9월 중순 ~ 9월 하순	12월 하순 ~ 3월 중순	해남, 진도, 무안
	봄배추	12월 하순 ~ 2월 하순	1월 하순 ~ 4월 하순	4월 상순 ~ 7월 상순	나주, 예산, 아산, 영월
	고랭지배추	3월 중순 ~ 4월 상순	4월 중순 ~ 6월 상순	6월 중순 ~ 10월 하순	강릉, 태백, 정선, 평창
	가을배추	7월 하순 ~ 8월 중순	8월 하순 ~ 9월 중순	10월 중순 ~ 12월 하순	아산, 춘천, 문경, 해남

자료: 농림축산식품부, 2020. 배추 수급 동향 및 전망

2.3. 선행연구 검토

본 연구에 앞서, 배추 가격 및 단수 예측에 관한 선행연구를 검토하였으며 주요 연구 방법은 배추 수급에 영향을 미치는 변수와의 상관관계 분석 및 예측을 실시하는 것이었다. 설명변수는 재배면적, 기온, 습도, 강수량 등 작물 생육에 영향을 미치는 변수였다.

표 3. 선행연구 비교표

연구명	연구내용	주요 사용 변수
인공신경망 채소류 가격·단수 예측모형 연구	농산물 가격 불안정성에 대응하는 정보 제공을 위해 인공신경망 기반 채소류 가격도매시장 가격 예측 모형을 개선하고 단수 예측 모형을 개발하는 것을 목적으로 함	기온, 습도, 강수량, 풍향, 풍속, 일사량, 일조시수, 강수확률, 폭염연중일수, 폭염지속일수, 호우일수, 한파연중일수, 한파지속일수, 강수지속일수, 무강수 지속일수, 누적강수량, 적산온도, 가뭄해, 냉해, 일조부족, 흑서, 가뭄, 일조부족, 동해, 다우, 강풍, 월평균기온, 최고 및 최저기온, 일조량, 습도 80% 이상 일수, 월평균 기온 30°C 이상 발생일수, 0°C 이하 발생일수, 강원도 전체 전년도 고랭지 배추 단수 등

연구명	연구내용	주요 사용 변수
주요 채소 단수예측 시스템 개발 연구	주요 양념채소류의 단수 예측 모형 개발을 위해 선행연구에서 검토한 기상변수와 함께 일교차, 일조시간, 상대습도, 생장도일(GDD) 등 채소의 생육에 영향을 미치는 주요 기상변수를 단수예측을 위한 설명변수로 포함하고 롤오버(roll-over) 방식으로 단수 추정	월평균기온, 월평균 누적강수량, 월평균 일교차, 월평균 상대습도, 월평균 일조시간, 생장도일
주산지 기상정보를 활용한 주요 채소작물의 단수예측모형 개발	다섯 가지 주요 채소작물을 각 작물 주산지별로 구축된 수량 및 기상정보를 활용하여 각 작물의 단수를 예측하는 회귀식 기반 단수 예측 모형으로써, 각 작물과 지역별 상관성이 높은 세 가지 기상인자를 선정함	최저기온, 일사량, 유효 강수량
기상요인을 고려한 단수 예측 모형 개발연구	선행연구의 점추정의 문제점을 극복하기 위해 확률 추정 방법을 적용하고 단수와 기상요인과의 선형성을 이차 형식으로 변경함으로써 개별 기상요소에 대한 최적점을 도출하였으며 패널 분석을 통해 자유도가 늘어나 추정의 효율성을 향상시킴	강수량(순별합계), 전반기 최고기온(기간 평균), 후반기 최고기온(기간평균)
시장개방하의 배추 수급모형과 전망	김치의 수입 수요 모형에서 국내의 작형별 출하시기별로 구분하여 작형별 배추의 파급영향을 분석하고 현실성 높은 예상 시나리오를 구성하여 수입 예상 가격, 국내 농가판매 가격, 국내소비자가격, 수출입량, 재배면적, 생산량, 소비량, 자급률, 생산액, 농업소득 등 생산, 소비, 수출입, 소득에 대한 구체적인 파급영향을 분석	재배면적, 소득 1인당 소비량, 소비자가격, 농가판매가격, 김치수입단가, 김치수입량, 김치수출량, 김치소비자가격, 김치 수출단가, 일본김치소비자가격, 장래인구추계, 시간변수, 단수

2.4. 차별점

기존의 선행연구는 배추의 수급 예측 및 가격 불안정성에 영향을 미치는 요인을 규명하기 위하여 도매시장 가격, 단수 예측 등을 실시하였고 이와 관련하여 중요한 설명변수로 기상 변수를 사용하였다. 날씨의 배추 생산량에 중요한 요소인데, 2020년 최장 장마 기록 경신이 말해주듯 기상변수는 계속해서 불확실하게 변화하고 있다. 기상변수를 평균으로 사용할 경우에 이러한 불확실한 변화를 반영하는데 취약하고, 기상변수에 대한 파생 변수가 다양해짐에 따라 복잡성은 증가하여 강건한 모형을 기대하기 어려워진다. 또한 날씨와 가격 이외에도 생산량에 중요한 요소인 재배면적이나 현장 상황의 변화를 정확하게 반영하지 못하여 연구의 정확성이 떨어지는 한계가 있다.

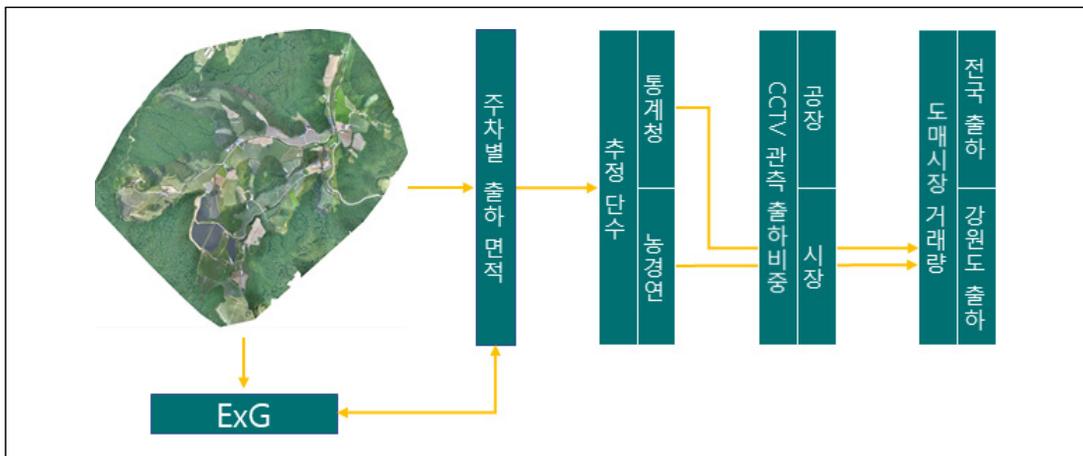
본 연구는 농경연에서 관측사업으로 4개월 동안 수집한 주차별 강원도 고랭지 배추 재배지

의 드론 이미지를 활용한다. 드론 이미지는 현장의 상황을 설명하는 데이터로써, 수급 예측에 필요한 정보를 추출하여 수급 안정화에 유용하게 사용할 수 있다.

이번 연구에서는 드론 이미지에서 추출한 데이터로 주차별 출하량을 도출하여 도매시장 반입량과의 관계를 분석한다. 결과적으로 드론 이미지를 활용한 수급 예측 체계에 대한 아이디어를 제시한다.

3. 연구내용

그림 2. 연구 흐름도



주: 1) ExG : Excess Green Vegetation Index

3.1. 전체 연구 결과

1. 농경면에서 추정하는 단수와 통계청의 단수를 비교한 결과, 농경면의 단수가 더 합리적임.
2. 드론 이미지 출하면적 라벨링에 대한 개선사항을 도출함.

- 가. 앞서 수확되었다고 기록한 지역을 다음 기간 출하면적에 포함하여 면적이 중복 계산되거나 파일이 중복되는 경우가 있음.
 - 나. 배추밭 주변의 숲, 산, 도로 등을 포함하여 출하면적이 과대평가되는 경우가 있음.
 - 다. 재배 중인 배추밭을 수확 면적에 포함한 경우가 있음.
3. 드론 이미지에서 추출한 출하면적으로 출하량을 산출하는 것은 도매시장 반입량과 비교하여 의미 있는 결과를 냄.
- 가. 강원도 도매시장 누적 반입량과 드론 이미지로 산출한 누적 출하량의 상관계수는 0.99임.
 - 나. 드론 이미지에서 산출한 누적 출하량은 강원도 도매시장 누적 반입량의 92% 수준임.
 - 다. 강원도 도매시장 누적 출하량과 드론 이미지 누적 출하량은 약 160만 kg의 차이가 있음. 이 차이를 줄일 수 있도록 드론 이미지의 품질 제고와 관리 방안을 갖추면 드론 이미지로 출하량을 모니터링할 수 있음.
4. 드론 이미지의 RGB 값을 활용하여 산출한 ExG는 수확 면적과 -0.71의 음의 상관관계를 가짐.
5. ExG와 ExG 변화량으로 수확 시점을 알 수 있음.

3.2. 드론 이미지에서 산출한 출하량으로 통계청과 농경연 단수 검토 및 도매시장 반입량과의 통계 패턴 분석

3.2.1. 가설

해당 연구의 가설은 농경연에서 추정하는 단수와 통계청의 단수 중 더 정확하게 출하량을 산출할 수 있는 단수가 있다는 것이다. 전체 연구를 진행하기 위하여 중요한 변수는 재배면적과 단수인데, 고려할 수 있는 단수는 농경연과 통계청의 두 가지이다. 따라서 이 두 단수를 검토하여 본 연구에 적용하는 한편, 검토 과정에서 드론 이미지에서 추출한 생산량과 도매시장 반입량의 통계 패턴을 비교한다.

3.2.2. 연구 환경 설정

1. 검증 대상인 도매시장 반입량 데이터는 정확한 것으로 간주한다.
2. 도매시장 반입량 데이터와 비교하기 위하여 드론 이미지에서 산출한 출하량에 시장 출하 비중을 반영하며, 시장 출하 비중은 고랭지 배추 출하용 CCTV 집계 자료를 활용하여 평균값인 75%로 적용한다.

3.2.3. 사용데이터 및 변수설명

해당 연구를 위해 드론 이미지 등 3개의 데이터를 활용하였으며, 각 데이터의 기간은 드론 촬영 일자를 기준으로 조정하였다.

표 4. 사용데이터 및 변수 설명

사용 데이터	변수명	내용
농경면 제공 드론 이미지 데이터	'level'	드론 촬영일자로 기간의 구분을 설정하였음. 데이터의 유무를 고려하여 2차~9차로 범위를 설정하였으며, 2020년 7월 20일~9월 25일 촬영분에 해당
	'sum_area'	농경면 드론 이미지 shp 파일의 고랭지 배추 재배면적 합계
농경면 도매시장 반입물량 자료	'gangwon_all'	강원 출하 전국 반입 도매시장 거래량 드론 촬영 기간과 동일한 기간의 데이터를 사용
농경면 농업관측본부 고랭지 배추 출하용 CCTV 집계 결과	'cctv_market'	시장으로 출하된 차량 대수로 산출한 출하량
	'cctv_factory'	공장으로 출하된 차량 대수로 산출한 출하량
	'cctv_all'	시장, 공장 합산 출하량
파생변수	'농경면(kg)'	농경면의 단수와 드론 이미지의 재배면적을 곱하여 산출한 출하량
	'통계청(kg)'	통계청의 단수('17~'19년 3년 평균)와 드론 이미지의 재배면적을 곱하여 산출한 출하량
	'krei_market'	CCTV 관측자료의 시장 평균 출하 비율(75%)을 적용하고 농경면 단수와 드론 재배면적을 곱한 값(출하량)
	'kostat_market'	CCTV 관측자료의 시장 평균 출하 비율(75%)을 적용하고 통계청 단수와 드론 재배면적을 곱한 값(출하량)
	'gangwon_itersum'	강원도 출하 전국 반입 도매시장 누적 거래량
	'krei_market_itersum'	농경면 단수와 시장 출하 비율을 적용한 누적 출하량
'kostat_market_itersum'	통계청 단수와 시장 출하 비율을 적용한 누적 출하량	

주: 1) shp 파일 : 배추밭을 특정할 수 있는 id, 배추밭의 좌표, 고도 등에 대한 정보 기록

2) tif 파일 : 드론으로 강원도 배추 재배지를 촬영한 사진을 가공해 지도처럼 만든 영상

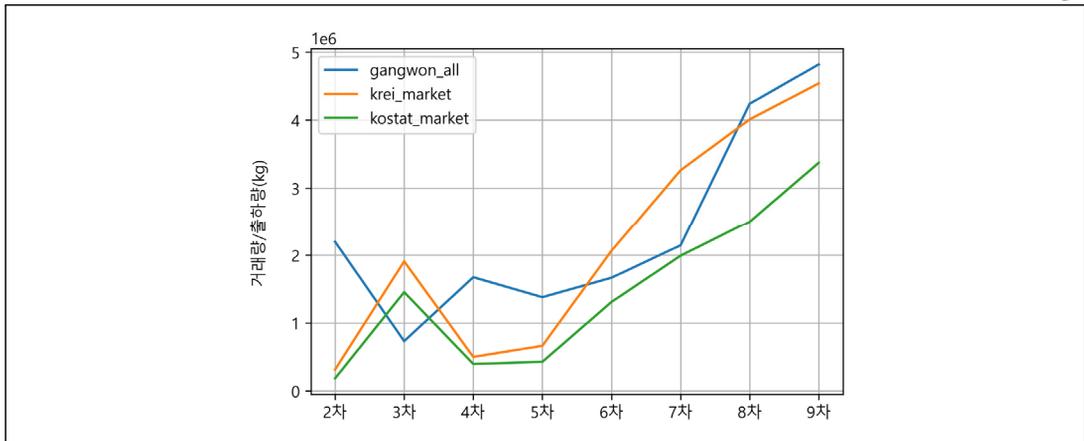
3.2.4. 절차

1. 드론 이미지 shp 파일별 고랭지 배추 면적 추출
2. 촬영 주차별 면적 합산
3. CCTV 집계 자료에서 드론 이미지 촬영 주차별 평균 시장 출하 비중 산출
4. 시장 출하 비율과 농경연, 통계청 단수를 반영한 출하량을 도매시장 반입량과 비교

3.2.5. 연구 결과

그림 3. 강원도 출하 도매시장 반입량과 농경연, 통계청 시장 출하량 비교

(단위: 백만(kg))



- 주: 1) gangwon_all : 강원 출하 전국 반입 도매시장 거래량
 2) krei_market : 평균 시장 출하 비율(75%)을 적용하고 농경연 단수와 재배면적을 곱한 값(출하량)
 3) kostat_market : 평균 시장 출하 비율(75%)을 적용하고 통계청 단수와 재배면적을 곱한 값(출하량)

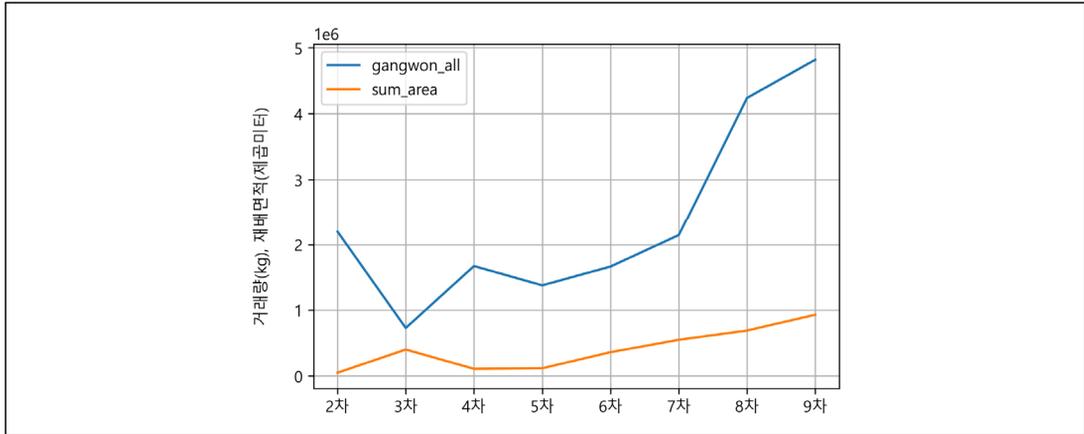
표 5. 강원도 출하 도매시장 반입량과 농경연, 통계청 단수를 적용한 출하량의 상관계수

구분	상관계수
농경연 단수 적용 출하량	0.762889
통계청 단수 적용 출하량	0.765946

〈그림 3〉에서는 농경연의 단수를 적용한 결과가 그래프 상으로 나온 결과를 보였고 상관계수에서는 통계청의 단수가 약 0.003 높았다(표 5). 하지만 두 단수를 적용한 출하량 모두 도매시장 반입량과 서로 다른 변화 패턴을 보였다.

그림 4. 강원도 출하 도매시장 반입량과 드론 이미지에서 추출한 출하면적 비교

(단위: 백만(kg, m²))

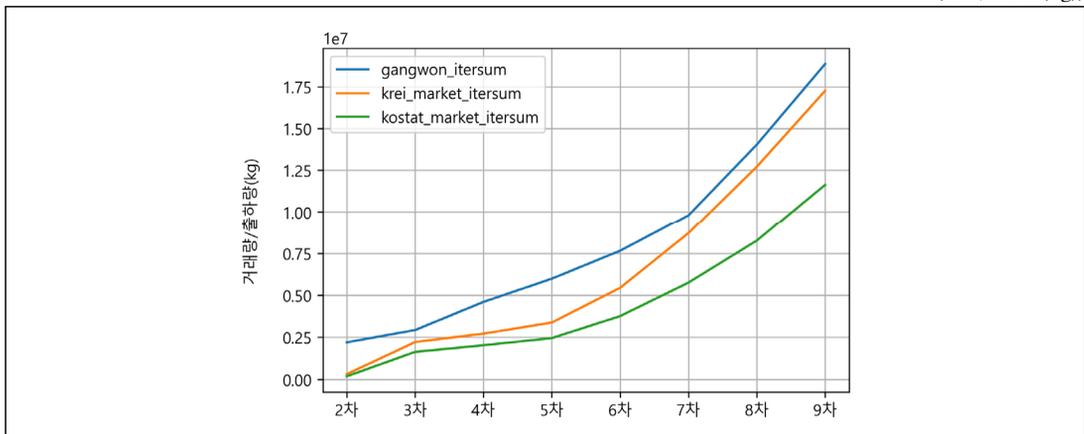


주: 1) gangwon_all : 강원 출하 전국 반입 도매시장 거래량
 2) sum_area : 농경면 드론 이미지 shp 파일의 고랭지 배추 재배면적 합계

두 단수를 적용한 패턴이 도매시장 반입량과 다른 원인을 드론 이미지에서 추출한 면적 합 의 패턴에서 확인할 수 있었다(그림 4). 따라서 출하면적에 대한 드론 이미지의 라벨링이 정확한지 확인하는 과정이 필요하였다.

그림 5. 강원도 누적 출하량과 농경면 단수 누적 출하량 검토

(단위: 천만(kg))



주 1) gangwon_itersum : 강원도 출하 전국 반입 도매시장 누적 거래량
 2) krei_market_itersum : 농경면 단수 적용 시장 누적 출하량
 3) kostat_market_itersum : 통계청 단수 적용 시장 누적 출하량

표 6. 도매시장 누적 반입량과 농경연, 통계청 단수 적용 누적 출하량 비교

구분	농경연 단수 적용	통계청 단수 적용
누적출하량(kg)	17,248,600	11,623,926
강원도 도매시장 누적 반입량과의 차이(kg)	1,600,247	7,224,921
강원도 출하 도매시장 반입량 비교 비율(%)	91.51	61.67
누적 출하량 상관계수	0.994588	0.995190

주: 1) 강원도 출하 도매시장 누적 반입량 : 18,848,847kg

누적 출하량 그래프에서 농경연의 단수를 적용한 출하량이 상대적으로 적은 차이로 유지되는 패턴을 확인할 수 있다(그림 5). 또한, 누적 출하량 차이에서 통계청의 단수를 적용한 출하량이 농경연의 단수보다 약 4.5배 정도 큰 오차를 보였다(표 6). 따라서 본 연구에서는 농경연의 단수를 사용하는 것이 합리적이라고 판단하였다.

농경연 단수를 적용한 출하량은 강원도 출하 도매시장 반입량의 약 92% 수준이었다. 시장 출하 비율, 드론 이미지의 출하면적 오차, 드론 이미지의 촬영 면적(강릉, 삼척, 정선 지역에 해당)을 고려하였을 때 이 수치는 드론 이미지를 통한 출하량 산출 방법론이 의미 있는 결과를 나타냄을 시사한다.

3.3. 드론 이미지에서 추출한 EXG와 출하시기 관계

3.3.1. 가설

필지별 드론 이미지의 색감은 배추의 생육단계에 따라 어떠한 특성을 가질 것이다. 이미지의 RGB 값을 활용하여 특성을 추출하고 출하시기와와의 관계를 분석한다.

3.3.2. 연구 환경 설정

1. ExG(Excess Green Vegetation Index)를 이용해 생육단계에 따른 특성을 파악한다.

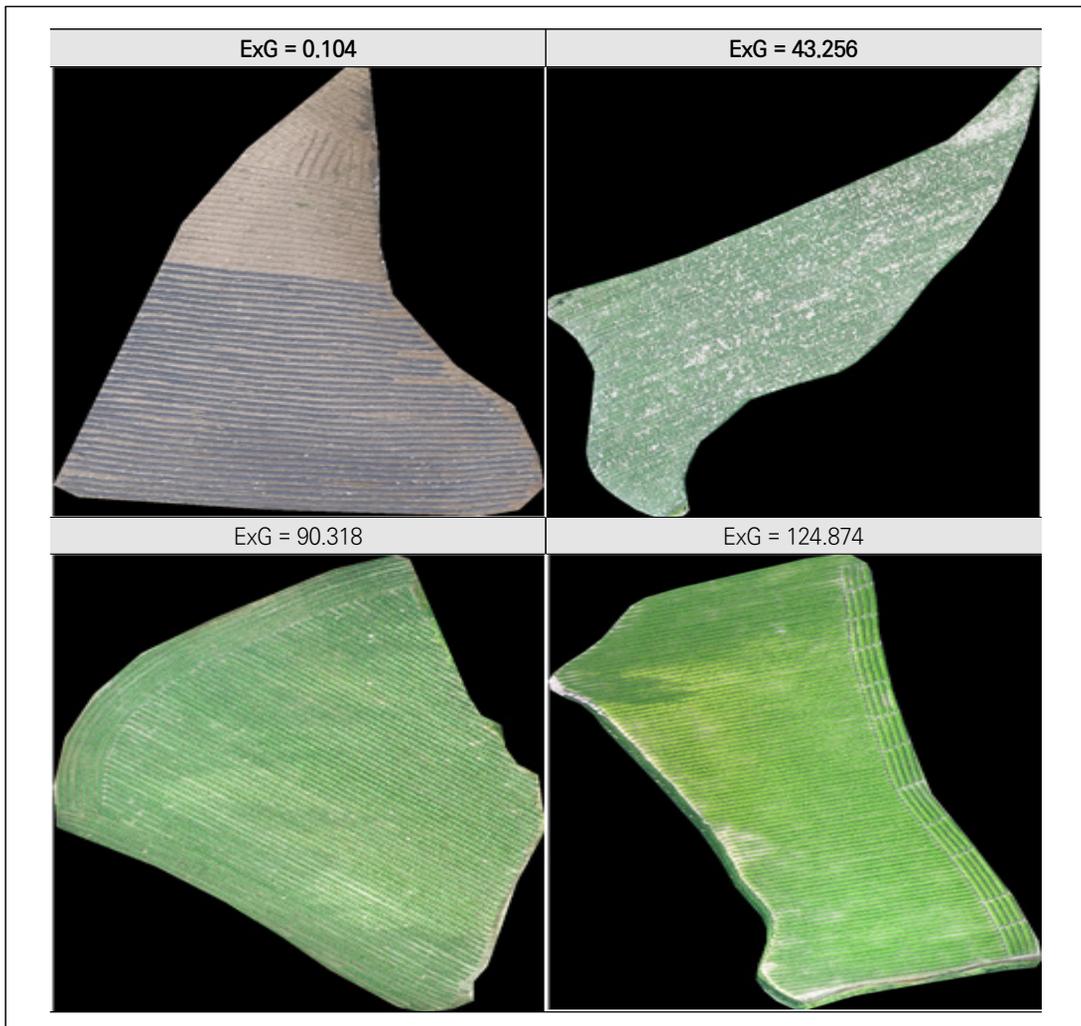
가. ExG는 초과녹색채지수로 이미지의 RGB를 이용해 픽셀당 녹색 정도를 수치화한 것이며 산출식은 다음과 같다.

$$\text{ExG} = (G * 2) - R - B$$

나. 해당 연구에서 ExG 값이 음수이면 0으로 변환한다.

2. 드론 이미지 촬영 상태, 날씨가 RGB에 영향을 준 것으로 간주되는 이미지는 이상치로 설정한다.

그림 6. 이미지별 ExG 산출



3.3.3. 사용데이터

농경연에서 제공하는 792개 필지의 드론 이미지를 필지별, 회차별로 추출하였다.

표 7. 결측 및 이상필지를 제거한 사용 데이터

촬영 회차	고단리(남)	고단리(북)	대기리	안반데기	어리	번천리	장전리	판문리	새비재
기존	2~9	2~9	2, 3, 5~9	2, 3, 5~9	3~9	3~9	3~9	3~9	3~9
제거 후	2~5, 7~9	2~5, 7~9	2, 3, 5, 6, 8, 9	5~9	3~9	4~9	3~9	3~9	3~9

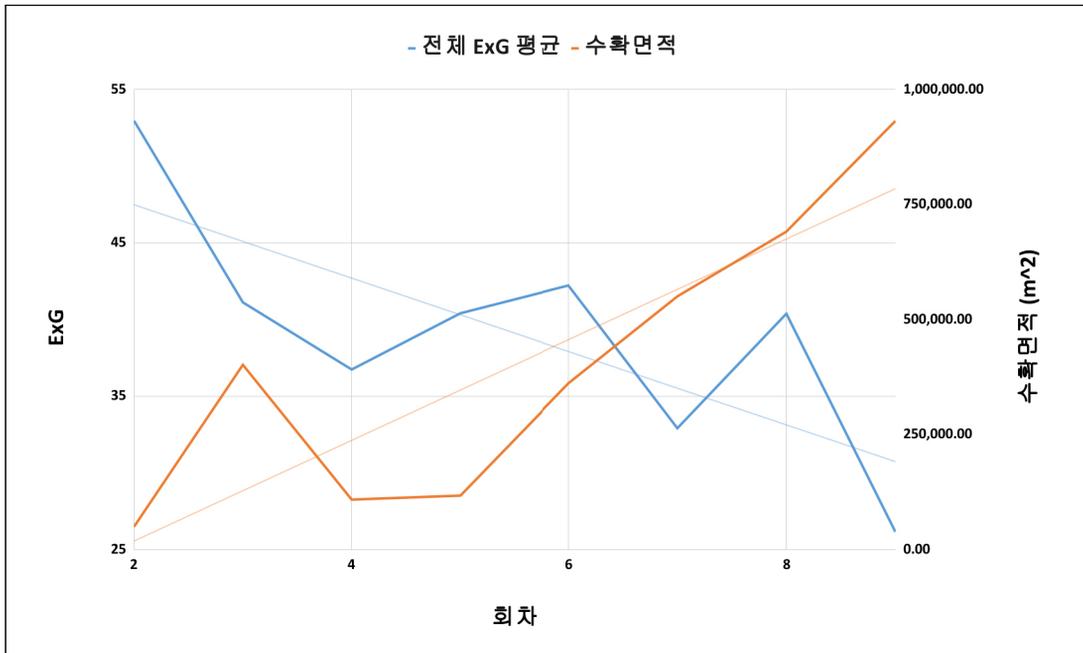
3.3.4. 절차

1. 데이터 전처리
2. 이미지별 ExG 추출 및 이상치 제거
3. 필지별 ExG 변화량 추출
4. 필지별 수확 시점 추출
5. 변화량과 ExG의 시사점 도출

3.3.5. 연구 결과

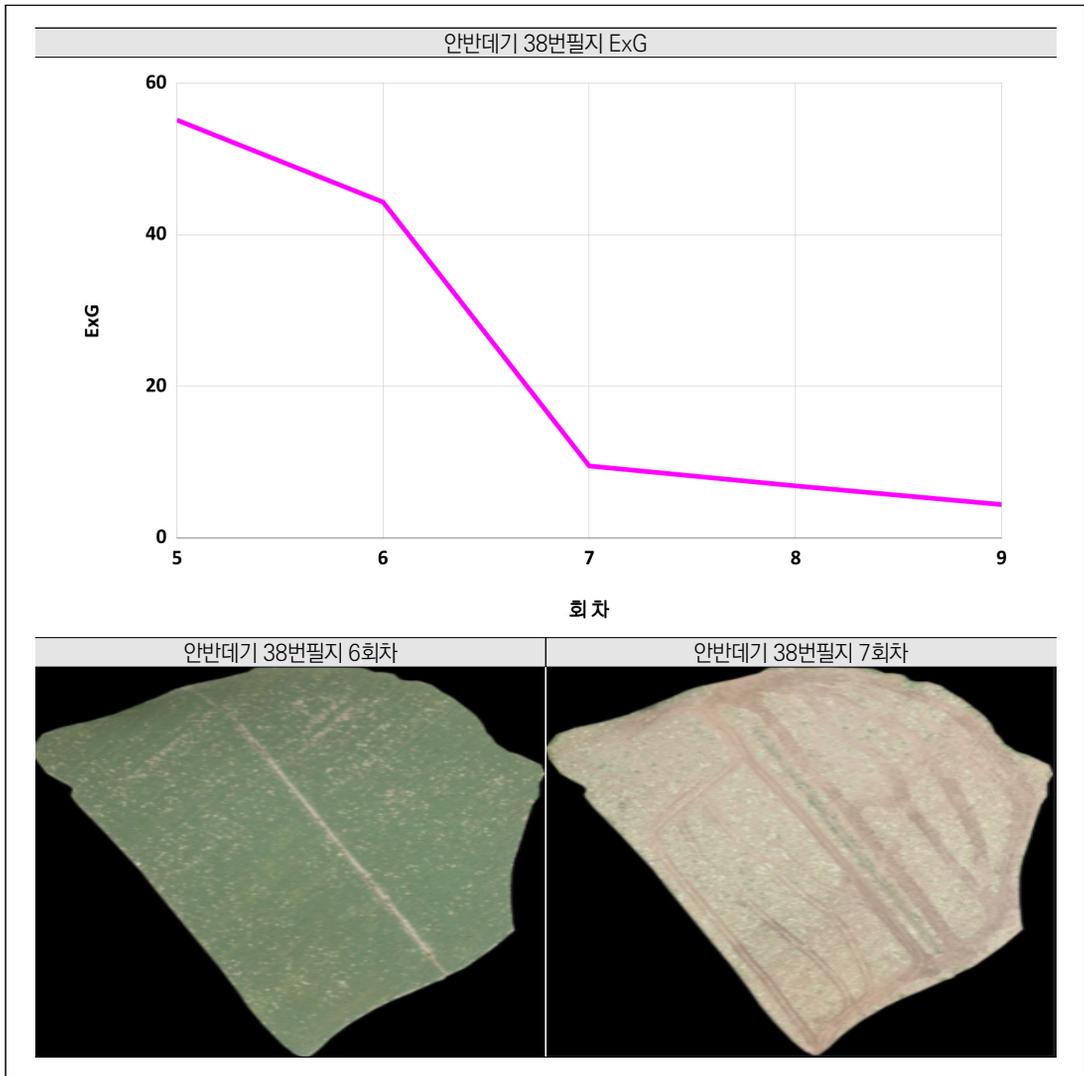
모든 필지의 ExG 평균과 전체 수확 면적 합계를 통해 ExG가 감소하면서 수확 면적은 증가하는 것을 확인할 수 있었다(그림 7). 두 선의 상관계수는 -0.71로 ExG와 수확 면적은 음의 상관관계를 가지고 있다.

그림 7. 모든 필지의 회차별 ExG평균, 전체 수확면적 그래프



수확 시점의 ExG는 큰 폭으로 감소한다(그림 8). 전체 필지를 대상으로 수확될 때의 ExG 변화량을 확인해본 결과, 가장 큰 폭으로 감소했을 때 대부분이 실제로 수확되었음을 확인하였다.

그림 8. ExG세부 결과



추가적인 검토를 위해 수확될 때 낮은 ExG를 가지는 특성을 포함하도록 다음과 같은 수식을 만들었다.

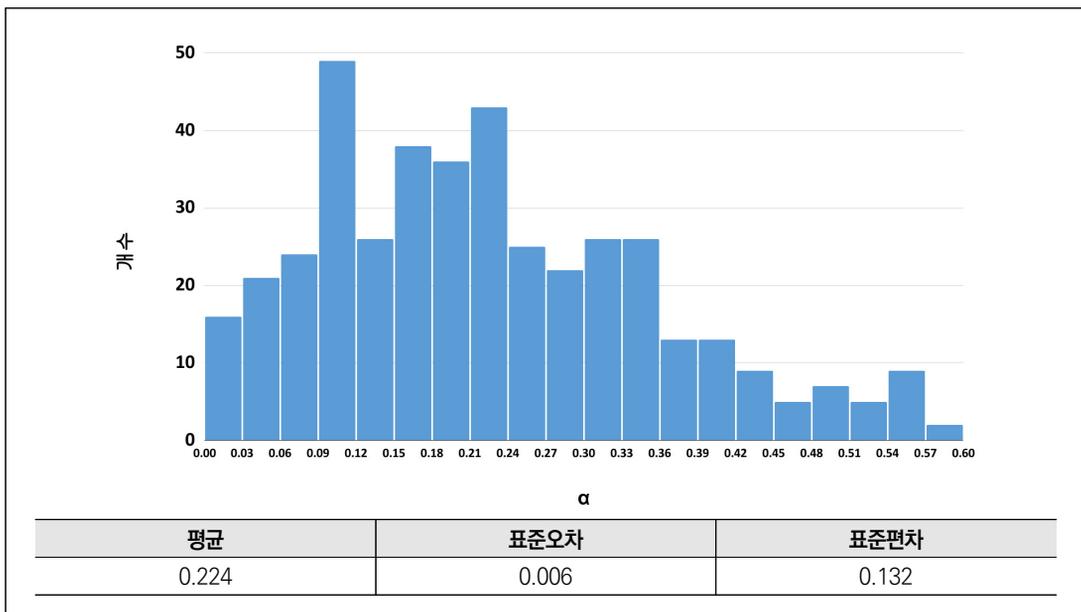
$$n \text{ 회차 } \alpha_n = E_n / (E_{n-1} + |V_n|)$$

* E_n : n 회차 ExG, E_{n-1} : n-1 회차 ExG, V_n : $E_n - E_{n-1}$ (즉, 변화량)

〈그림 9〉는 수확 시점 α 의 히스토그램이다. 신뢰구간을 95%로 가정했을 때, α 값이 0.483보다 낮다면 수확 시점으로 간주할 수 있다.

해당 연구를 통해 산출한 ExG 값은 드론 이미지의 촬영 당시 날씨나 그림자의 영향을 받아 RGB 값이 일부 왜곡되어 오차를 내포할 수 있는 한계가 있다. 하지만 이를 극복할 수 있는 수집 방안과 알고리즘을 도입한다면 ExG를 활용한 수확 시점 확인이 가능함을 검증하였다.

그림 9. 수확시점 α 히스토그램



4. 결론

4.1. 기대효과

수급을 예측하기 위하여 통계나 경제학적 방법으로 모형을 밝혀내는 것도 의미가 있으나, 대부분의 모형은 자연이라는 불확실성과 외부 변수들로 무용지물이 될 수 있는 위험성을 가

지고 있다. 본 경진대회 목적인 농업관측 고도화에 기여할 수 있는 예측 모형을 개발하려면, 양질의 데이터를 수집하는 것이 선행되어야 한다. 양질의 데이터는 현장의 상황을 정확히 반영할 수 있으면서도 최대한 단순하여 모형의 복잡도를 높이지 않는 것이어야 한다. 현재 농경연에서는 농가의 실황을 반영하기 위하여 여러 데이터를 수집하고 있다. 그중 하나인 드론 이미지에는 실제 농가의 촬영 기간별 재배면적, 생육, 출하여부 등의 정보가 내포되어 있다. 때문에 본 연구는 드론 이미지를 활용하는 것에 초점을 두었다.

드론 이미지에서 추출한 재배면적으로 산출한 출하량을 도매시장 반입량과 비교하여 유의미한 관계를 검증함으로써 출하량 관측에 드론 데이터 활용이 가능함을 밝혀내었으며, 데이터 분석 실무자의 관점에서 데이터의 개선사항을 도출하여 데이터 수집에 대한 방향을 제시한다.

드론 이미지로 재배 실황을 정확하게 모니터링하고 이를 데이터화한다면 이미지의 RGB 값으로 수확 시점을 알 수 있고, 딥러닝을 활용한 배추 재배면적 판별을 시도할 수 있으며, 드론 이미지를 활용한 수급 예측 모델링이 가능할 것이다.

4.2. 연구의 한계점

가) 생육조사 데이터의 한계

생육조사 데이터에서 조사를 실시한 필지의 구체적인 지역 정보가 부족하고, 조사일별 조사 필지가 변동되어 연속적인 변화를 확인하기 어렵기 때문에 드론 이미지와 연계한 분석을 실시할 수 없었다.

나) 드론 이미지의 한계

1. 농경연에서 제공한 드론 이미지 데이터는 2020년 7월부터 10월까지이므로 다른 연도의 결과와 비교 검증은 제한된다.
2. 정사영상, shp 출하면적 파일의 오류로 인한 연구의 오차

아래와 같은 오류의 영향으로 드론 이미지에서 추출한 출하면적 추세가 도매시장 반입량과 달랐던 것으로 추정된다.

그림 10. 초기 촬영지와 수확지가 다른 경우



그림 11. 수확되지 않았지만, 수확되었다고 표기한 경우

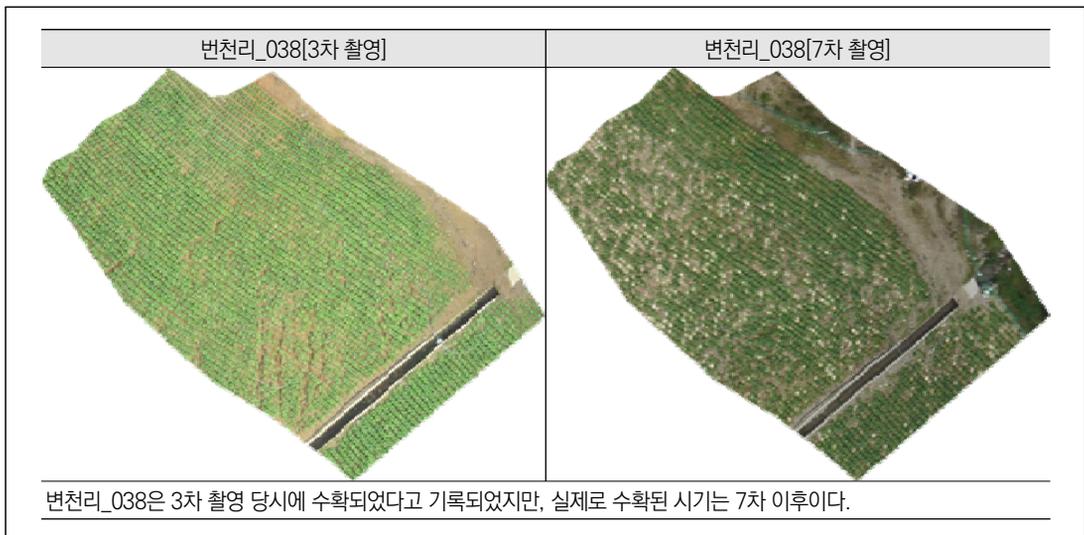


그림 12. 수확되었다고 기록했지만 실제로는 일부분만 수확된 경우

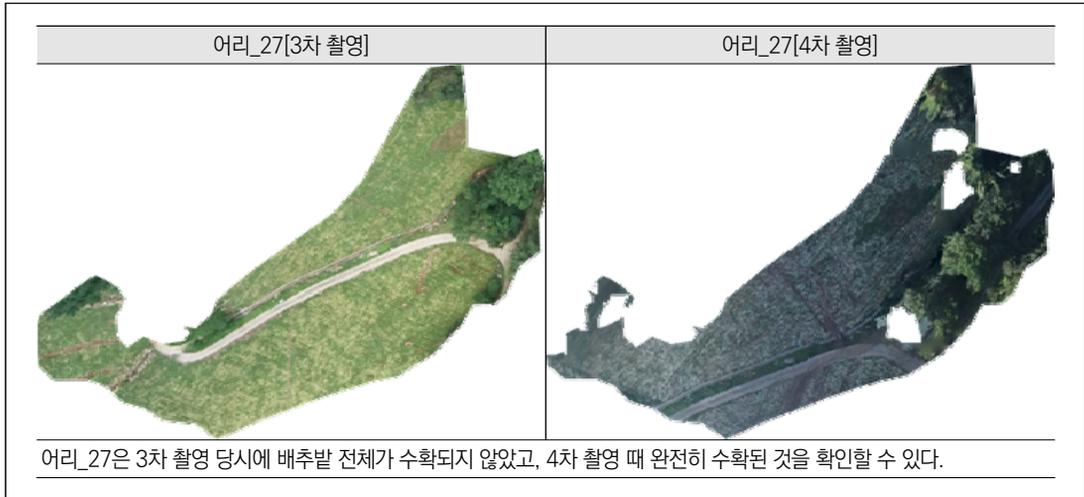
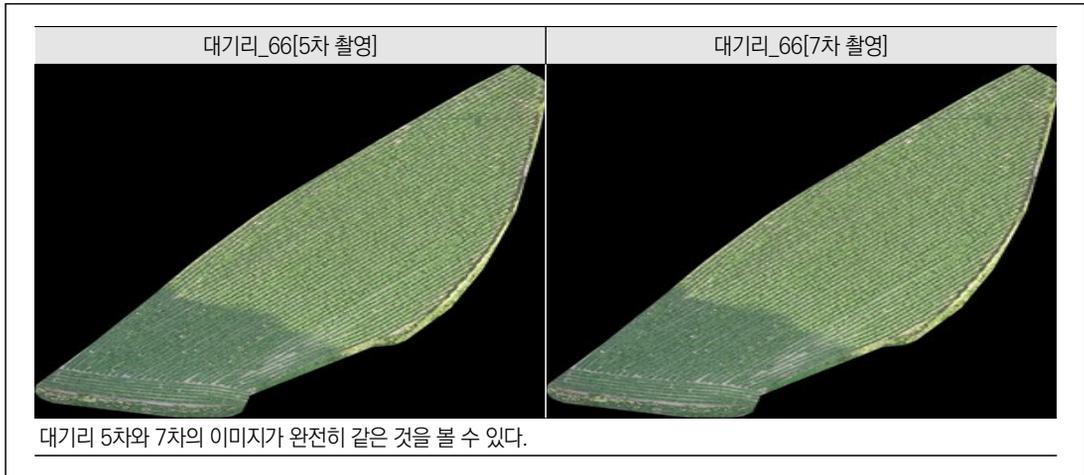


그림 13. 다른 차수의 tif파일이 중복된 경우

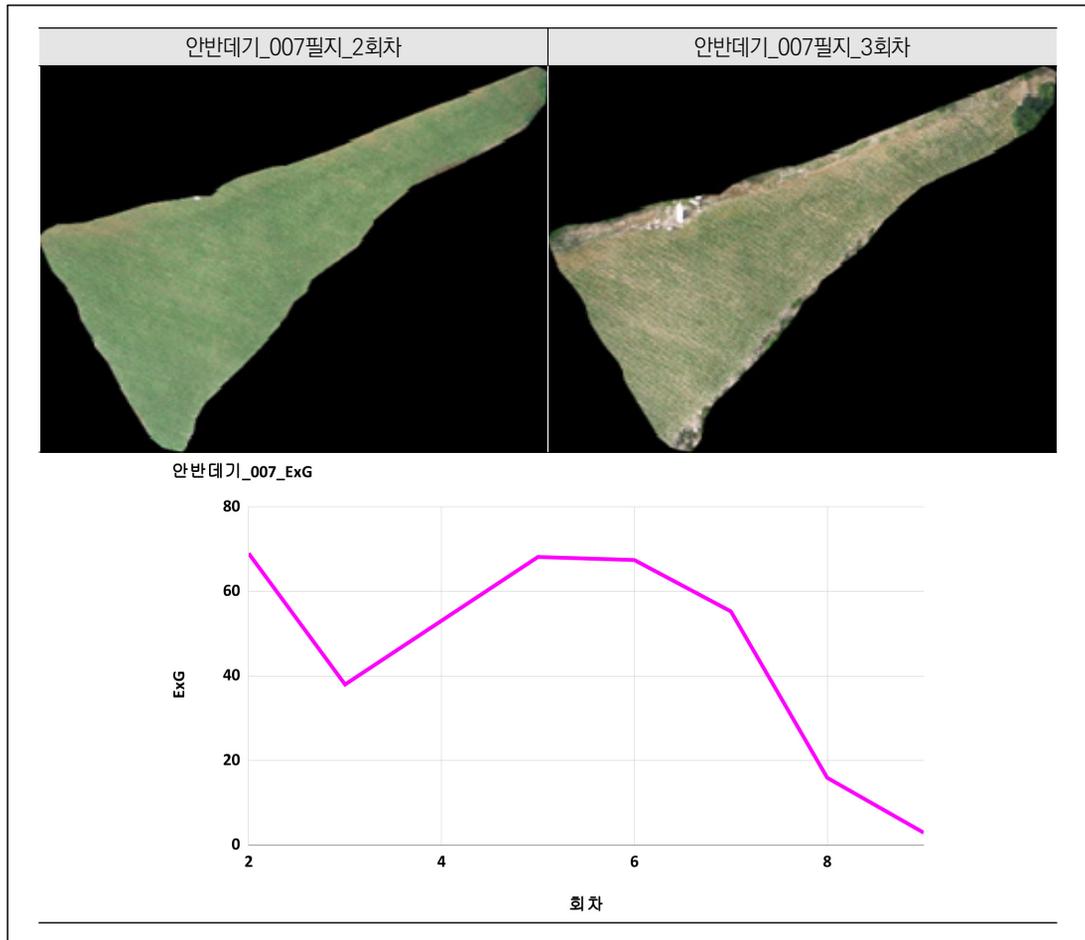


3. 딥러닝 학습에 부적합한 데이터 품질

드론 이미지에서 정확한 배추 필지를 추출하는 것은 본 연구에서 중요한 과업이며, 많은 이미지를 효율적으로 처리하기 위해 딥러닝을 활용한 배추 필지 판별을 시도하였다. 하지만 높은 고도에서 촬영되었기 때문에 이미지의 해상도가 딥러닝 모델 학습에 적합하지 않았다.

4. ExG는 촬영 당시 날씨나 그림자가 일부 RGB 값을 왜곡시켜 영향을 받는 한계가 있다. 안반데기 7번 필지를 보면 2회차 이미지를 찍을 당시 상황의 영향을 받아 ExG 값이 과도하게 높고, 3회차는 낮은 것을 볼 수 있다(그림 14). 따라서 본 연구는 이와 같은 경우를 이상치로 간주하였다.

그림 14. ExG 이상치 예시



다) 외부요인

병충해 및 기상재해가 생육에 영향을 미치는 요인은 본 연구에서 배제하였다.

4.3. 발전 방향

4.3.1. 데이터 수집

가) 생육조사데이터

드론 이미지 촬영지와 CCTV 출하 관측지, 생육 조사 필지, 조사 주기를 동일하게 설정한다면 본 연구의 방법론을 고도화하는 분석이 가능할 것으로 기대된다.

나) 드론 이미지

1. 딥러닝을 위한 품질 요구 사항

농경연에서 제공한 드론 이미지는 해상도가 높지 않아 눈으로 작물을 판별하기 어렵고, shp 파일의 레이블이 없었다면 배추 필지만 구별하여 연구를 실시할 수 없었을 것이다. 딥러닝 모델의 학습 및 입력 데이터로 사용하기 위해서는 25~30m의 저고도에서 촬영하는 것이 필요하다.

2. ExG를 활용하기 위한 품질 요구 사항

기상조건, 고도, 해상도를 일정하게 유지하고 2~3일의 짧은 주기로 촬영하는 것이 필요하다.

4.3.2. 딥러닝 판별모델 적용

현재의 드론 이미지 수집 과정은 정사영상과 실제 재배작물 현황을 비교하는 현장 전수조사가 포함되어 있고, 연구의 한계점에서 검토한 바와 같이 shp 파일의 라벨링 오류 위험이 있다.

드론 이미지의 품질을 개선한다면 작물 판별 딥러닝 학습이 가능할 것이고, 매년 드론 이미지가 대량으로 수집되더라도 딥러닝 모델을 통해 단시간 안에 판별이 가능할 것이다. 작물 판별 결과는 shp 파일 생성과정에 활용할 수 있을 것이며, 모델의 성능에 따라 현장 전수조사 소요는 줄어들어 드론 이미지의 활용도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 농림축산식품부. 2020. 「배추 수급 동향 및 전망」.
- 농림축산식품부. 2020. 「시설채소온실현황 및 생산실적」.
- 최석근 외. 2020. “무인항공기와 딥러닝을 이용한 소규모 농지의 밭작물 분류.” 한국측량학회.
- 류상모. 2019. “인공신경망 채소류 가격·단수 예측 모형 연구.” (사)농식품신유통연구원.
- 이동현 외. 2018. “주요 채소 단수 예측시스템 개발 연구.” 농촌진흥청.
- 류상모. 2017. “농산물 수급안정정책에 대한 실증 연구.” 서울대학교 경제학박사학위논문.
- 한국민족문화대백과사전. 「배추」.
- 임철희 외. 2016. “주산지 기상정보를 활용한 주요 채소작물의 단수 예측 모형 개발.” (사)한국기후변화학회.
- 김명환 외. 2015. “배추·무 수급불안의 원인과 대응방안.” 농촌진흥청.
- 한석호 외. 2011. “기상요인을 고려한 단수예측모형 개발 연구.” 한국농촌경제연구원.
- 한석호, 김병률. 2004. “시장개방하의 배추 수급모형과 전망.” 한국농촌경제연구원.

부록

1. 단수예측에 대한 검토

수급 예측에는 단수가 중요한 요소이기 때문에 단수 예측을 위해 날씨, 재배면적, 도매시장 반입량, 도매시장 가격 등에 대한 ARCH, GARCH 분석을 고려하였다. 하지만 단수 데이터의 수집 방법, 신뢰성의 한계가 있기 때문에 단수 예측을 비롯한 수급 예측을 본 연구에서는 다루지 않았다. 미래의 농촌 경제 성장에 수급 예측이 중요한 만큼 단수 데이터를 정교화하고 표본이 되는 측정법이 필요하다.

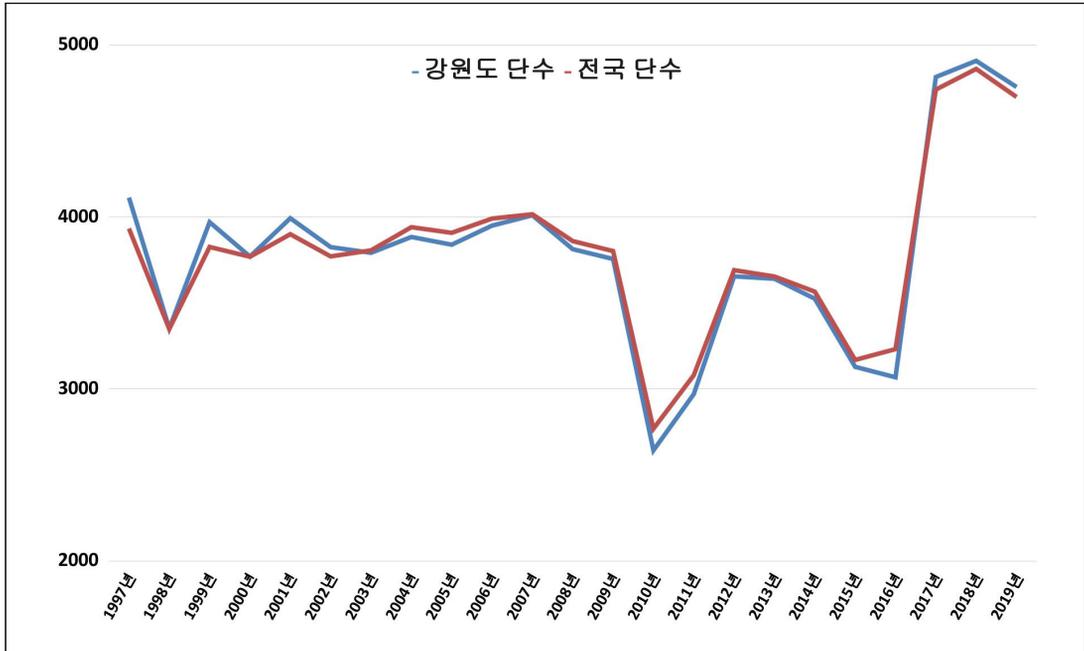
가) 단수 데이터 수집 방법

현재 통계청에서는 고랭지 배추 단수를 연도별, 지역별로 제공하고 있다. 단수 정보를 정확하게 활용하기 위해서는 수확 시점의 필지별로 단수가 산출되어야 한다. 또한 단수는 산출되는 시점의 외부요인에 영향을 받는데 연 단위 단수는 중요 요인들을 규명하기 어렵다.

나) 데이터의 신뢰성

통계청 자료에 따르면 1997년부터 2008년까지 3,500~4,000kg/10a의 단수가 기록되었고 2009년부터 2016년까지는 평균 3,100kg/10a의 낮은 단수가 기록되었다. 2017년부터 2019년까지는 다시 평균 4,900 kg/10a의 높은 단수를 기록하면서 심한 격차를 보였다(그림 15). 또한, 농경연의 2020년 고랭지 배추 주산지(매봉산 외 3)의 단수는 평균 5,960.25kg/10a를 기록하면서(표 8) 통계청의 기록과 차이가 있어, 현재 제공되고 있는 단수 데이터에 대한 검토가 필요함을 발견하였다.

그림 15. 통계청 단수자료



자료: 통계청

표 8. 농경연 단수 자료

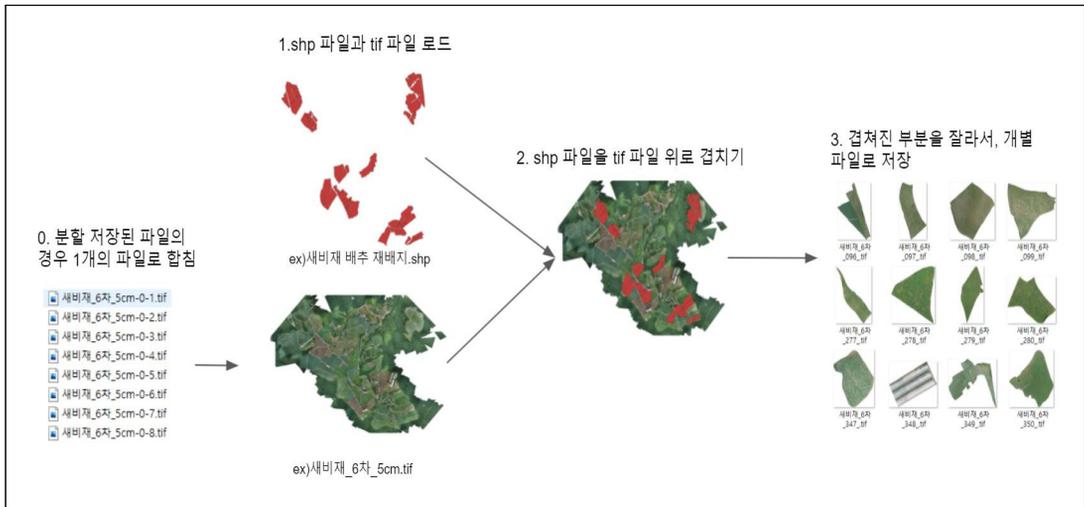
지역	단수(kg/10a)
매봉산	4,782
안반덕	8,318
새비재	4,704
귀네미	6,037

자료: 농경연 2020년 농업관측본부 고랭지 배추 출하용 CCTV 집계 결과

2. 드론 이미지 배추필지 추출 과정

실제 배추를 재배 중인 필지의 특성을 확인할 수 있도록 드론 이미지에서 배추 필지의 tif 파일을 추출하였다.

그림 16. 드론 이미지 필지 추출 가공 과정



1. 드론 정사영상이 완전한 지도 형태로 저장되도록 가공
2. 배추 재배지의 좌표 정보가 저장된 shp 파일과 배추 재배지의 정사영상 tif 파일을 적재
3. 각각의 파일이 중첩되도록, 좌표계를 일치
4. shp 파일의 좌표 정보와 배추밭 id를 기준으로 tif 파일 추출

3. 고랭지 배추 필지 판별 딥러닝 모델

고랭지 배추 필지를 딥러닝을 기반으로 판별하기 위하여 필지 전체를 입력 데이터로 사용하는 방법과 관심부분을 추출하여 사용하는 방식을 적용하였다. 두 방식 모두 데이터 세트 내의 가장 비중이 높은 클래스로 예측하는 과적합된 결과를 내었다.

그림 17. 입력데이터 방식에 따른 클래스 구분

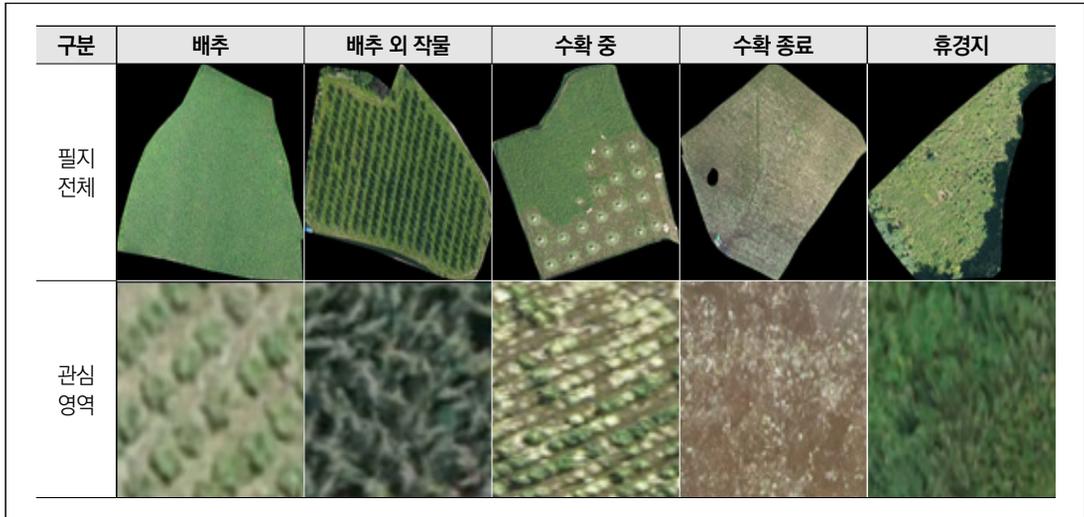


표 9. 딥러닝 모델 결과

사용 데이터	구조	학습 결과	테스트 결과
필지 전체	합성곱층 - 풀링층 - 합성곱층 - 풀링층 - 합성곱층 - 전연결층 - 예측	10 epoch 결과, 훈련 데이터에 대한 정확도 80%	데이터의 양이 많은 클래스로 과적합됨
관심 영역 추출		20 epoch 결과, 훈련 데이터에 대해 정확도 90%	정확도 35%로 성능이 낮으며, 훈련세트에 과적합됨

4. 노지작물 판별 딥러닝 모델

본 연구팀에서 과거 구축했던 노지 드론 이미지 작물 판별 모델(그림 18)에 사용한 드론 이미지의 촬영고도는 약 25m이었으며, 배추, 양배추, 무, 마늘, 양파 5개 품목의 분류 결과 CNN 모델은 98%, YOLO 모델은 98.5%의 정확도로 배추를 분류하면서 학습이 가능함을 확인했다.

그림 18. 자체 보유 25m 고도 드론 데이터로 학습한 딥러닝 배추판별 결과 예시



5. 드론 이미지 재배면적 산출방법

5.1. 산출

배추 경작지 shp 파일에 있는 좌표 정보에서 POLYGON 좌표를 추출하고 넓이를 계산하였다.

표 10. 새비재_배추경작지 shp POLYGON 좌표 예시

NAME	geometry
새비재-096	POLYGON((172280.849 511729.648, 172271.491 51...
새비재-097	POLYGON((172391.613 511674.110, 172389.460 51...
...	...

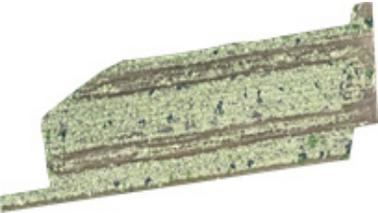
표 11. 추출 POLYGON을 이용한 넓이 계산 예시

지역	필지	면적(m2)	2차 출하면적	3차 출하면적	...	9차 출하면적	총 출하면적
새비재	096	3249.99	-	-	...	3249.29	3249.29
고단리_남	001	806.29	-	805.95	...	43.21	849.16
...	

5.2. 조정

재배면적 산출 결과, 총 출하면적이 재배면적보다 큰 필지가 있었으며, 이를 조정하였다. 출하 면적이 재배 면적을 초과한 것을 확인한 필지를 shp 파일 내에서 추출하였다. 파이썬의 GIS 라이브러리 중 하나인 GeoPandas의 intersection 함수를 이용하여 각 조사 기간의 POLYGON 간 중복되는 POLYGON의 넓이를 확인하고 그 차이를 제거하였다.

표 12. 재배면적 조정과정

	대기리_062(2차 조사)	대기리_062(3차 조사)
실제 필지		
넓이 및 폴리곤 형태	668.2477033344436 	1810.9114872807747 
중복 계산 결과	<pre>daegiri_03_62.intersection(daegiri_02_62).area</pre> 668.24770333411 2차 조사 재배면적이 3차 조사 재배면적에 포함되었으므로 3차 조사 재배면적에서 2차 조사 재배면적을 빼는 방법으로 조정한다.	

6. 농경연과 통계청의 단수 적용 출하량 산출 방법

그림 19. 드론 촬영지 근접 CCTV 관측지

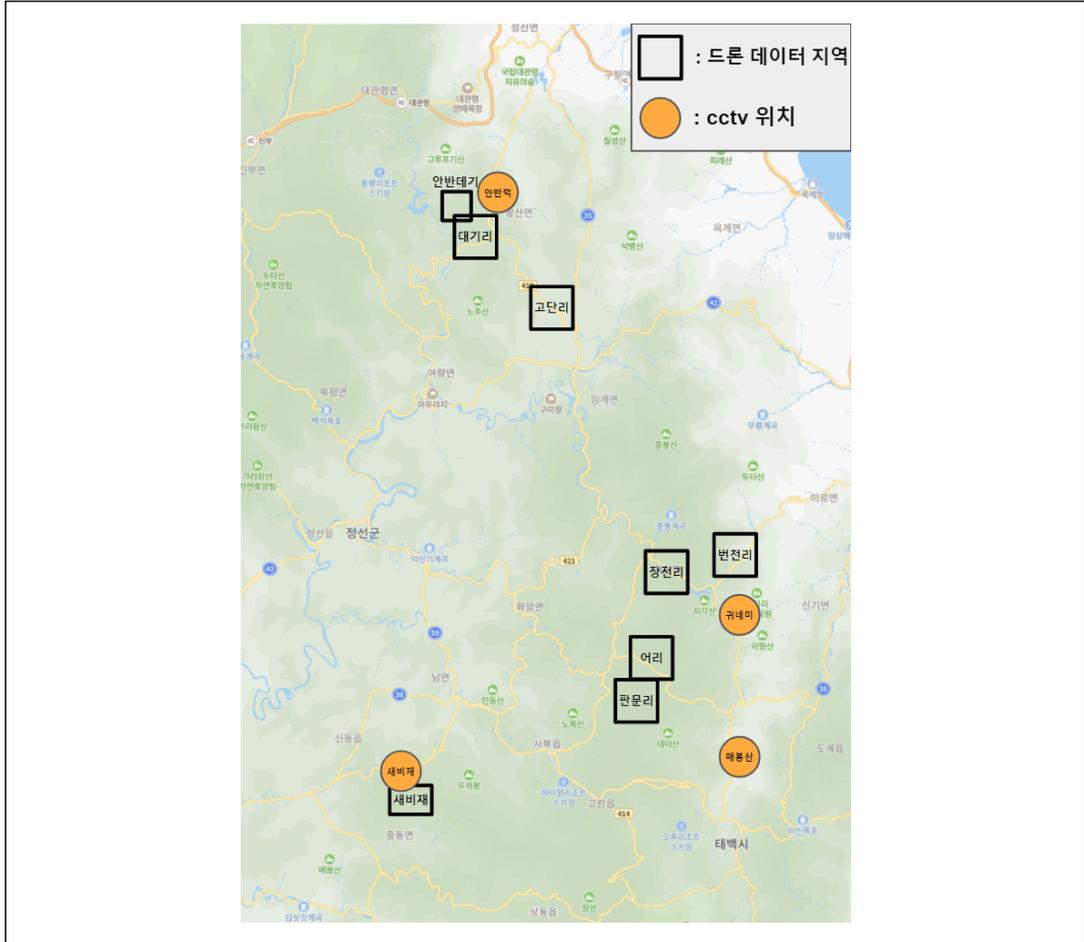


표 13. 드론 촬영지별 근접 CCTV 관측지 단수

드론 이미지 촬영 지역	근접 CCTV 관측지	단수(kg/10a)
안반데기, 대기리, 고단리	안반덕	8318
번천리, 장전리	귀네미	6037
어리, 판문리	매봉산	4782
새비재	새비재	4704

주: 1) 단수는 농경연 농업관측 본부 고랭지 배추 출하용 CCTV 집계 데이터의 자료

농경연의 CCTV 관측 데이터는 안반덕, 귀네미, 새비재, 매봉산 4개 지역에 설치된 CCTV 데이터이다. <그림 19>와 같이 지도에 각 데이터 생성 지역을 도식하고 거리가 가장 가까운 지역의 드론 이미지 촬영지와 CCTV 관측지를 묶어 단수를 지정하였다(표 13). 실제 CCTV 데이터는 각 지역을 대표하는 하나의 지역 데이터만 가지고 있지만 본 연구에서는 인접한 지역을 모두 포함한다고 가정하였다. 농경연의 단수를 적용한 출하량은 <표 14>와 같다.

통계청의 단수를 적용한 출하량(표 16)은 최근 3개년(2017년부터 2019년)의 평균 단수를 사용하였다(표 15).

표 14. 농경연 단수 적용 출하량

지역	2차_출하량(kg)	3차_출하량(kg)	...	9차_출하량(kg)	총 출하량(kg)
고단리_남	224,959.48	220,501.32	...	378,290.49	1,911,009.94
안반데기	0	0	...	2,190,873.55	9,459,157.02
장전리	0	887,333.46	...	117,936.87	1,236,810.39
...
새비재	0	0	...	338,817.22	577,748.32
총출하량(kg)	412,472.91	2,544,118.22	...	6,051,271.85	22,998,133.49

주: 1) 드론 이미지에서 산출한 재배면적(m²)에 농경연 단수를 적용하기 위해 재배면적을 10a로 환산하여 단위를 조정하고 단수를 곱하였음.

표 15. 통계청 단수 자료

강원도	2017년	2018년	2019년
단수(kg/10a)	4814	4908	4756

주: 1) 통계청 단수자료는 2020년이 아직 산출되기 전이므로 2017~2019년 평균값인 4826kg/10a 적용

2) 통계청 단수 적용 시 드론 이미지 촬영지 모두 동일한 단수를 갖는다고 가정함.

자료: 통계청

표 16. 통계청 단수 적용 출하량

지역	2차_출하량(kg)	3차_출하량(kg)	...	9차_출하량(kg)	총 출하량(kg)
고단리_남	130,518.69	127,932.12	...	219,479.43	1,108,744.17
안반데기	0	0	...	1,271,117.55	5,488,085.09
장전리	0	709,337.63	...	94,279.17	988,710.77
...
새비재	0	0	...	347,604.57	592,732.44
총출하량(kg)	239,311.65	1,937,809.86	...	4,496,762.89	15,498,567.69

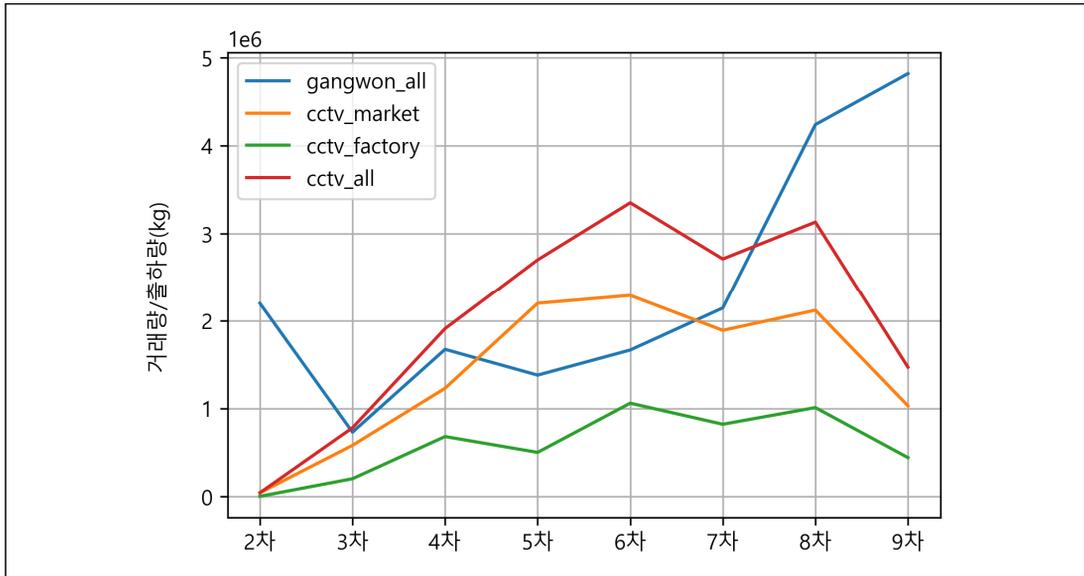
주: 1) 드론 이미지에서 산출한 재배면적(m²)에 통계청 단수를 적용하기 위해 재배면적을 10a로 환산하여 단위를 조정하고 단수를 곱하였음.

7. 농경연 농업관측본부 고랭지 배추 출하용 CCTV 집계 결과 데이터 검토

위 데이터에서 출하대수에 따른 출하 진행률을 활용, 드론 이미지 촬영 주차별 출하량을 산출하여 도매시장 반입량 데이터를 비교하였으나 수치와 변화 패턴이 상이하여 연구에 적용하지 않았다. 하지만 전체 출하 중 시장과 공장으로의 출하량이 비슷한 패턴을 보이며 등락하였고, 시장 출하량은 전체 출하와 0.98의 상관관계를 보였다. 따라서 시장과 공장으로 출하되는 비율에 대한 정보를 얻을 수 있는 데이터로써 본 연구에 활용되었다.

그림 20. 강원도 출하 도매시장 반입량과 CCTV로 관측한 시장, 공장 출하량 비교

(단위: 백만(kg))



- 주: 1) cctv_market: 시장으로 출하된 차량 대수로 산출한 출하량
 2) cctv_factory: 공장으로 출하된 차량 대수로 산출한 출하량
 3) cctv_all: 시장, 공장 합산 출하량
 4) gangwon_all: 강원 출하 전국 반입 도매시장 거래량