

국립재난안전연구원의 위성기반 미계측 저수지 관측 기술개발

2021. 11. 09.

이달근

목 차

I | 연구배경 및 목적

II | 주요내용

① 연구흐름도



② SAR위성영상 활용 수표면적 산출 시험

③ 수표면적 자료 정확도 평가

III | 결론

I. 연구배경 및 목적

연구배경 및 목적

보도자료	
 관계부처 합동	 2021년 9월 10일(화) 조간 (9. 9. 12:00 이후)부터 보도하여 주시기 바랍니다.
담당부서	행정안전부 기후재난대응과, 농림축산식품부 농업기반과, 환경부 물이용기획과, 수자원정책과, 기상청 수문기상팀
담당자	과장 박원용, 과장 박재우, 과장 이상진, 과장 김구범, 팀장 박경진, 사무관 엄경숙, 사무관 강창엽, 사무관 유연이, 사무관 강민지, 사무관 한성민
연락처	044-205-6360, 044-201-1851, 044-201-7110, 044-201-7611, 02-2181-0470 044-205-6367, 044-201-1857, 044-201-7116, 044-201-7612, 02-2181-0481

정부, 9월 가뭄 예·경보 발표

- 최근 내린 비로 전국 저수를 상승, 연말까지 정상용수공급 전망 -

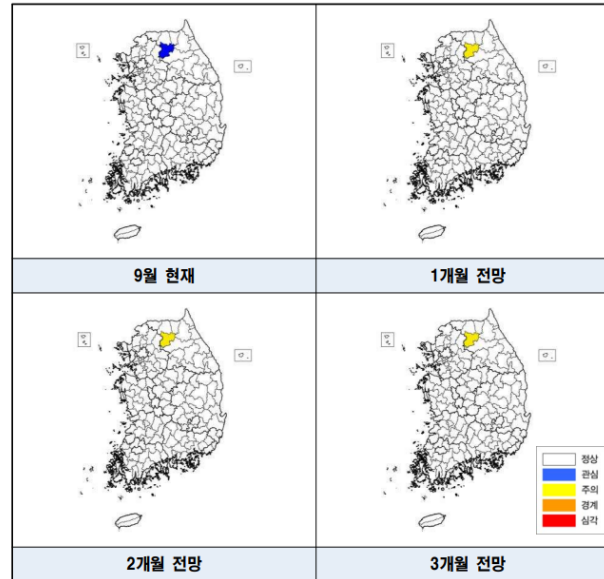
- 정부는 최근에 내린 잦은 비의 영향으로 전국적으로 저수율이 상승하여 연말까지 용수공급이 정상적으로 이루어질 것으로 전망하였다.
- 다만, 지역별 강수량 차이로 일부 지역은 가뭄 단계가 유지됨에 따라 향후 강수 상황과 저수율을 상시 확인하는 등 철저히 관리할 예정이다.
- 최근 6개월 누적 강수량은 935.0mm로 평년의 94.5% 수준이다.

< 표 1. 전국 최근 6개월 누적강수량 현황(21. 9. 3. 기준) >

구분	전국	서울 경기		강원		충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
		전체	영서	영동	영서							
강수량 (mm)	935.0	736.4	778.3	728.8	877.3	858.5	793.6	971.2	1114.5	869.3	1215.2	1120.9
평년비 (%)	94.5	72.0	78.0	69.3	95.2	90.5	83.8	99.5	108.6	104.0	106.6	100.5
평년값 (mm)	989.9	1026.3	1009.6	1053.4	921.9	953.7	945.9	983.5	1023.7	837.4	1129.6	1129.6

* 전국 평년비는 각 지역의 평년비를 먼저 구한 후 각 지역의 평년비 총합을 전국지점수(62개)로 나눈 값
※ 최근 1년(20.9.4.~21.9.3.) 누적강수량 1,209.4mm(평년의 90.4%)

■ 농업용수 가뭄지도(농림축산식품부)



구분	9월 현재	1개월 전망	2개월 전망	3개월 전망
관심 (약한가뭄)	[강원] 춘천	-	-	-
주의 (보통가뭄)	-	[강원] 춘천	[강원] 춘천	[강원] 춘천
경계 (심한가뭄)	-	-	-	-
심각 (극심한가뭄)	-	-	-	-

■ [참고자료 3] 가뭄 예·경보 기준

구분	가뭄 예·경보 기준
관심 (약한가뭄)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생활 및 공업용수 : 하천 및 수자원시설의 수위가 평년에 비해 낮아 정상적인 용수공급을 위해 생활 및 공업용수의 여유량을 관리하는 등 가뭄대비가 필요한 경우 ○ 농업용수 : [논] 영농기 평년 저수율의 70% 이하인 경우, [밭] 영농기 토양 유효 수분율이 60% 이하 ○ 기상현황 : 최근 6개월 누적강수량을 이용한 표준강수지수 -1.0이하(평년대비 약 65%이하)로 기상 가뭄이 지속될 것으로 예상되는 경우로 하도, 지역별 강수 특성을 반영할 수 있음
주의 (보통가뭄)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생활 및 공업용수 : 하천 및 수자원시설의 수위가 낮아 하천의 하천유지용량이 부족하거나 댐저수지에서 하천유지용수 공급 등의 제한이 필요한 경우 ○ 농업용수 [논] 영농기 평년 저수율의 60% 이하, 비영농기 저수율이 다가오는 영농기 모내기 용수 공급에 물 부족이 예상되는 경우 [밭] 영농기 토양 유효 수분율이 45% 이하 ○ 기상현황 : 최근 6개월 누적강수량을 이용한 표준강수지수 -1.5이하(평년대비 약 55%이하)로 기상 가뭄이 지속될 것으로 예상되는 경우로 하도, 지역별 강수 특성을 반영할 수 있음
경계 (심한가뭄)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생활 및 공업용수 : 하천 및 수자원시설에서 생활 및 공업용수 부족이 일부 발생하였거나 발생이 우려되어 하천유지용수, 농업용수 공급의 제한이 필요한 경우 ○ 농업용수 : [논] 영농기 평년 저수율 50% 이하, [밭] 영농기 토양 유효 수분율 30% 이하 ○ 기상현황 : 최근 6개월 누적강수량을 이용한 표준강수지수 -2.0이하(평년대비 약 45%이하)로 기상 가뭄이 지속될 것으로 예상되는 경우로 하도, 지역별 강수 특성을 반영할 수 있음
심각 (극심한가뭄)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생활 및 공업용수 : 하천 및 수자원시설에서 생활 및 공업용수 부족이 확대되어 하천 및 댐저수지에서 생활 및 공업용수 공급 제한이 발생하였거나 필요한 경우 ○ 농업용수 : [논] 영농기 평년 저수율 40% 이하, [밭] 영농기 토양 유효 수분율 15% 이하 ○ 기상현황 : 최근 6개월 누적강수량을 이용한 표준강수지수 -2.0이하(평년대비 약 45%이하)가 20일 이상 기상가뭄이 지속되어 전국적인 가뭄 피해가 예상되는 경우로 하도, 지역별 강수 특성을 반영할 수 있음

정부는 매월 각 부처의 정보를 통합하여 가뭄 예·경보를 발표(생활 및 공업용수, 농업용수, 기상)

연구배경 및 목적

✓ 저수지 현황(지자체 및 농어촌공사 관리)

- 총 농업용 저수지 : 17,147개소 (농어촌공사 관리 저수지: 3,400개소 / 지자체저수지: 13,747개소)

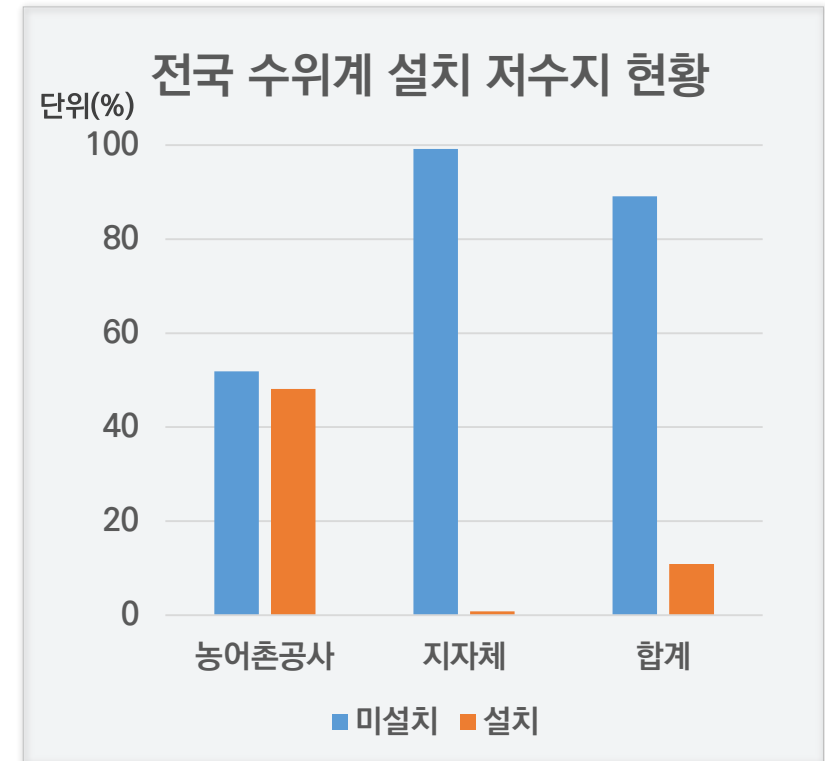
※ 자료참조: 농업생산기반정비 저수지 통계연보자료(2019년) 및 농촌용수종합정보시스템

	공사관리	지자체 관리	합계	비율(%)
0~5만톤급	1,421	11,768	13,189	76.92
5~10만톤급	301	1463	1764	10.29
10만톤급 이상	1,678	516	2,194	12.80
합계	3,400	13,747	17,147	100

✓ 저수지 수위계 설치 현황

	공사관리	지자체 관리	합계
설치	1,777(52.3%)	114(0.8%)	1,893(11.9%)
미설치	1,623(47.7%)	13,631(99.2%)	15,254(89.0%)
합계	3,411	13,747	17,147

※ 자료참조: 농촌용수종합정보시스템(www.rims.ekr.or.kr)



수위계가 설치된 저수지 1,885개소로 전체의 약 12%

연구배경 및 목적

연구배경

- ◆ 우리나라에는 **17,147개의 농업용 저수지**가 건설되어있음('19년 농업기반정비 저수지 통계연보자료)
 - 다양한 관리주체와 관련규정(법)등이 존재하여 **일관적인 현황 파악의 어려움**
- ◆ 전국 농업용 저수지의 대다수가 관리의 사각지대인 **소규모 저수지**
 - 유효저수량 10만톤 미만인 저수지가 **약 87.2%**를 차지하고 있음
- ◆ 지자체에서 관리하는 소규모 저수지의 경우 **저수량 모니터링 및 관리체계 미흡**
 - 대부분 관측기기 설치되지 않음 (전체 저수지 중 약10% 설치) / 관측기기 관리가 어려움

연구목적

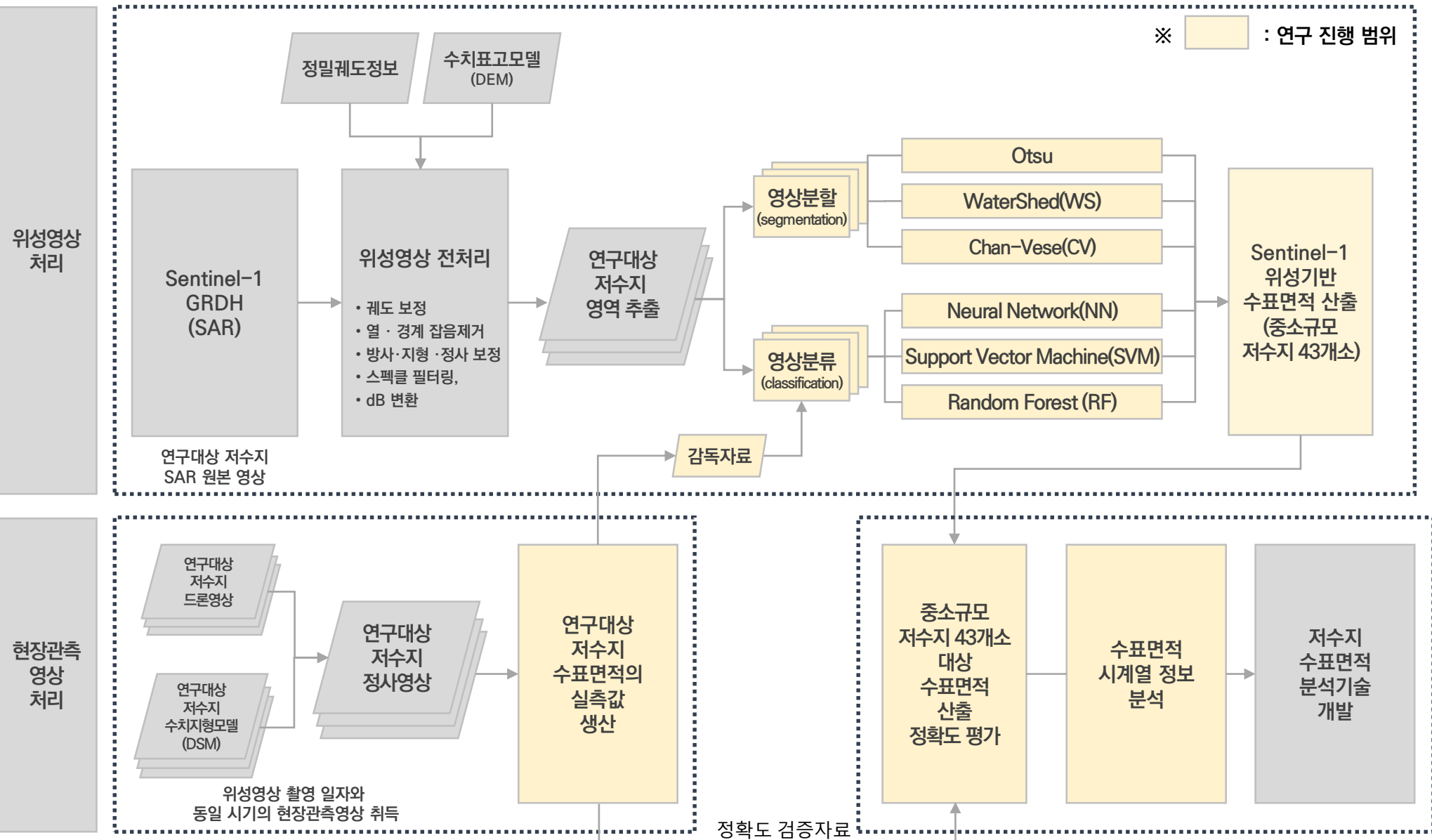
위성영상을 이용하여 중·소규모 저수지의 수표면적 추출 및 변화경향 파악을 위한 기초기술 개발

- 기상상황에 영향 받지 않고 안정적으로 분석이 가능한 **위성레이더(SAR) 활용**
- 연구대상 저수지는 **저수용량 규모별(5만 이하, 5~20만, 20~30만, 30~40만, 40~50만, 50만 이상)**로 설정
- SAR영상 활용 전통적인 **영상분류 알고리즘 적용**을 통하여 중·소규모 저수지 수표면적 추출
- 실측값-분석결과 기반 **정량/정성 결과 해석을 통한 분석 결과 고찰**
- 연구대상 **저수지별 수표면적의 시계열 변화경향 파악**을 통한 시사점 도출

II. 주요 내용

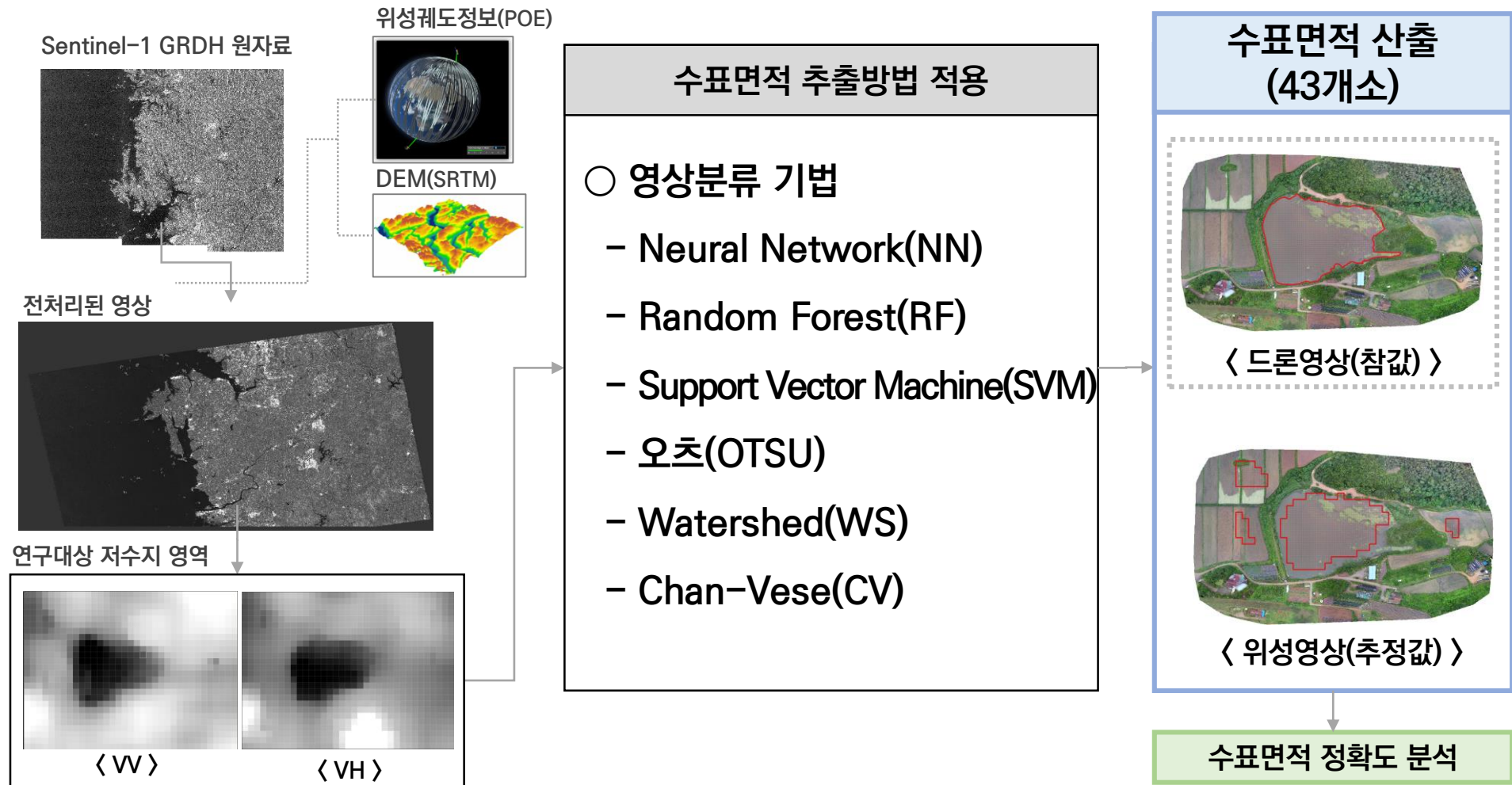
02 주요내용

1. 연구흐름도



수표면적 추출 알고리즘 선정 및 정확도 검증 방법

✓ SAR영상 전처리를 통한 연구대상 저수지 수표면적 추출

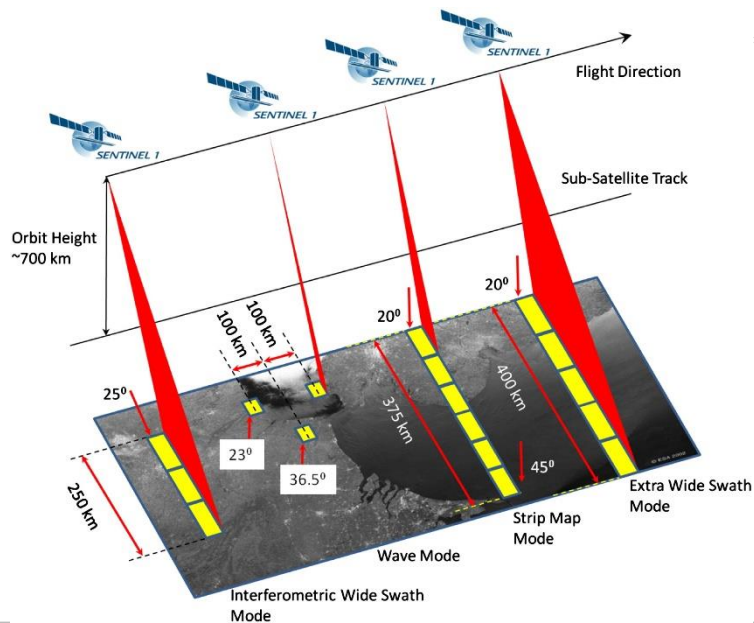


Sentinel-1 위성 개요

✓ SAR영상 전처리를 통한 연구대상 저수지 수표면적 추출



- 유럽우주국(ESA) 에서 발사한 SAR위성
*SAR위성은 기상, 주야간에 관계없이 영상 취득이 가능하지만, 레이더 신호자료를 영상화한 자료로서 데이터 처리 및 해석 어려움
- Sentinel-1A 와 Sentinel-1B 2기로 공동관측시 한 지역에 대하여 6일 주기로 관측 가능
유럽우주국은 Sentinel-1의 전세계 관측 영상을 무료로 제공

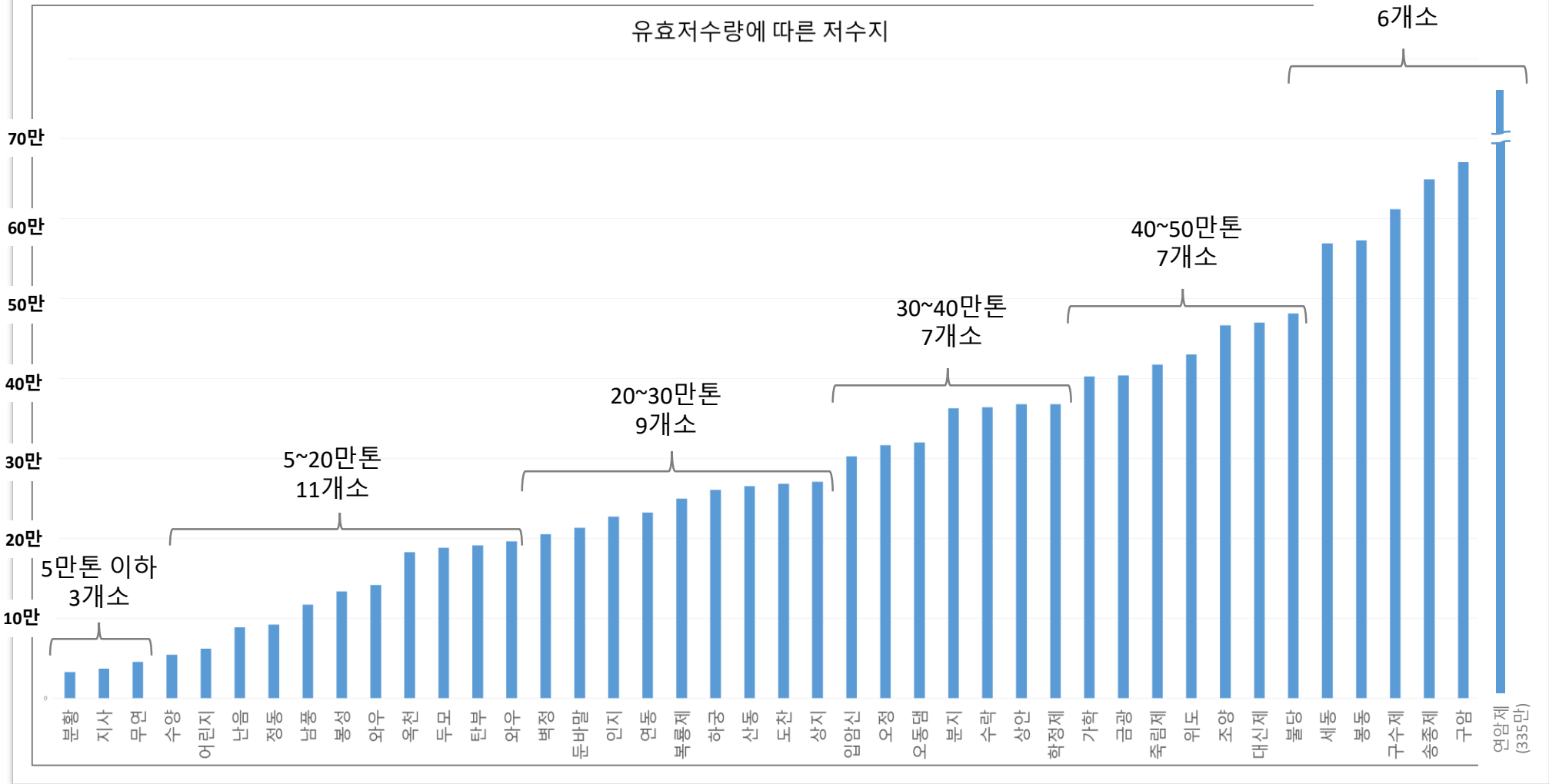


Mode	Resolution rg x az	Pixel spacing rg x az	Number of looks	ENL
SM	23x23 m	10x10 m	6x6	29.7
IW	20x22 m	10x10 m	5x1	4.4
EW	50x50 m	25x25 m	3x1	2.7

*참조 : Sentinel-1 Product Definition(ESA)

수위계측기/조건표 보유된 연구대상 저수지 43개소 선정

정확도 검증용 저수지 선정 (총 43개소)



02 주요내용

2. 위성영상 활용 수표면적 산출

정확도 검증을 위한 저수지 실측데이터 구축

정확도 검증용 저수지 드론영상 (총 43개소)

드론촬영



GCP측정



지역	저수지명	유효저수량 (천 m ³)	관측일자	수표면적 (ha)
충청남도 홍성시	벽정	205.0	'21.10.14	5.8401

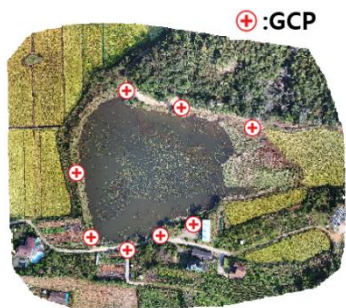
X 43개소

02 주요내용

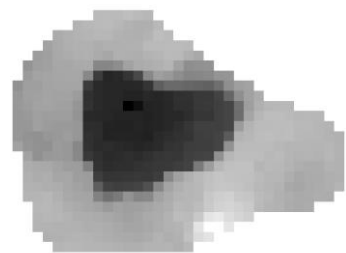
2. 위성영상 활용 수표면적 산출

정확도 검증을 위한 저수지 실측데이터 구축

✓ 위성영상에서 본 중소규모 저수지



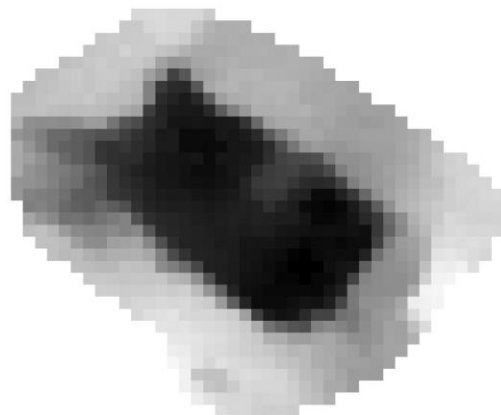
⊕:GCP



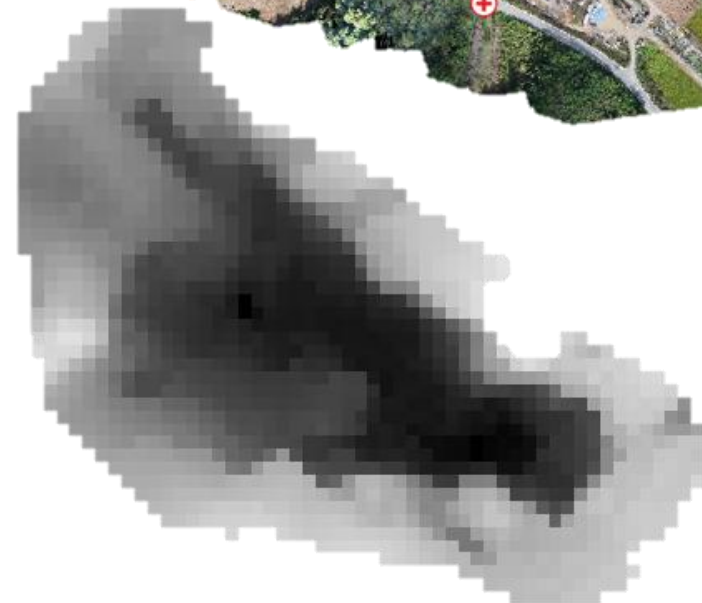
<분황저수지, 33m³>



⊕:GCP



<정동저수지, 92m³>



<벽정저수지, 205m³>

02 주요내용

2. 위성영상 활용 수표면적 산출

6종 알고리즘별 저수지 43개소 수표면적 산출 결과

규모 (톤)	시설명	유호저수량 (천 ^m ³)	관측수표면적 참값(m ²)	추정수표면적						개수
				NN(m ²)	SVM(m ²)	RF(m ²)	Otsu(m ²)	WS(m ²)	CV(m ²)	
5만 이하	분활	33.000	1.527	1.230	1.151	1.237	1.144	0.971	1.003	3
	지사	37.100	2.364	1.966	1.888	1.982	1.801	1.582	1.801	
	무연	45.320	1.360	1.480	1.316	1.363	2.013	0.885	3.141	
5~20만	수양	54.200	9.083	10.307	9.266	10.205	8.702	7.558	8.474	11
	어린지	62.070	2.010	1.512	1.402	1.519	1.582	1.284	1.363	
	난음	88.800	1.423	1.144	1.034	1.175	0.979	0.744	0.940	
	정동	92.220	2.777	2.874	2.741	2.820	2.780	2.076	2.616	
	남풍	117.300	1.909	1.465	1.394	1.496	1.465	1.253	1.402	
	통성	133.400	2.065	1.480	1.378	1.512	1.606	1.191	2.224	
	와우	141.500	4.044	3.015	2.749	2.968	3.407	2.632	3.258	
	옥천	182.800	2.122	2.091	1.841	1.911	1.543	1.167	1.324	
	두모	188.400	3.490	2.921	2.773	2.961	3.015	2.091	2.530	
	탄부	191.000	2.815	3.015	2.812	3.015	2.647	2.358	2.726	
	와우	196.100	3.849	3.407	3.235	3.470	3.211	1.919	3.094	
20~30만	벽정	205.000	5.807	6.814	6.516	6.610	7.033	1.222	7.049	9
	둔바말	213.100	5.532	4.707	4.590	4.739	4.504	4.002	4.449	
	인지	227.000	6.237	5.725	5.608	5.733	5.232	5.044	5.208	
	연동	232.100	5.236	4.637	4.527	4.684	4.621	4.143	5.240	
	복룡제	249.600	5.737	5.232	5.020	5.248	5.161	4.637	5.232	
	하궁	260.600	1.281	1.684	1.606	1.684	1.739	1.512	1.731	
	산동	265.200	4.571	4.660	4.511	4.692	4.363	3.720	4.629	
	도찬	268.100	3.553	3.548	3.360	3.556	3.094	2.718	3.078	
	상지	270.700	5.124	3.736	3.501	3.720	3.689	0.642	3.368	

02 주요내용

2. 위성영상 활용 수표면적 산출

6종 알고리즘별 저수지 43개소 수표면적 산출 결과

규모 (돈)	시설명	유호저수량 (천 ^m ³)	관측수표면적 참값(m²)	추정수표면적						개수
				NN(m²)	SVM(m²)	RF(m²)	Otsu(m²)	WS(m²)	CV(m²)	
30~40만	입암신	302.500	4.912	4.598	4.394	4.652	3.979	3.540	4.041	7
	오정	316.400	6.212	5.953	5.553	6.023	5.130	3.070	5.710	
	오동댐	320.000	2.857	2.162	1.942	2.146	1.974	0.258	1.911	
	분지	362.800	5.945	5.718	5.177	5.608	4.856	3.728	4.754	
	수락	363.800	5.299	5.381	5.067	5.342	4.198	3.853	4.402	
	상안	367.600	1.784	2.217	2.091	2.240	2.146	1.856	1.864	
	학정제	368.000	3.839	3.830	3.658	3.822	3.399	2.710	3.305	
40~50만	가학	402.600	7.944	7.973	7.660	8.075	6.704	6.133	6.892	7
	금광	403.600	6.910	6.054	5.859	6.117	5.310	4.668	5.185	
	죽림제	417.500	10.969	9.501	9.148	9.610	9.305	7.817	9.164	
	위도	429.900	6.467	6.023	5.819	6.062	5.498	4.879	5.420	
	조양	466.600	7.152	5.404	5.036	5.334	7.002	1.817	8.036	
	대신제	470.000	9.161	7.362	6.979	7.394	7.049	5.866	6.971	
	불당	481.400	5.746	5.725	5.530	5.741	5.130	1.104	6.422	
50만 이상	세동	568.800	41.947	42.725	41.934	42.748	38.323	37.211	38.636	6
	봉동	572.900	24.269	25.870	24.883	25.666	22.134	21.100	22.361	
	구수제	611.800	13.694	11.944	11.748	12.007	11.678	10.589	11.764	
	송졸제	649.200	9.264	8.498	8.130	8.553	7.472	0.650	8.568	
	구암	670.600	17.153	15.719	15.508	15.774	15.140	14.772	15.163	
	연암제	3356.700	34.121	31.963	31.188	32.183	29.637	26.755	30.499	

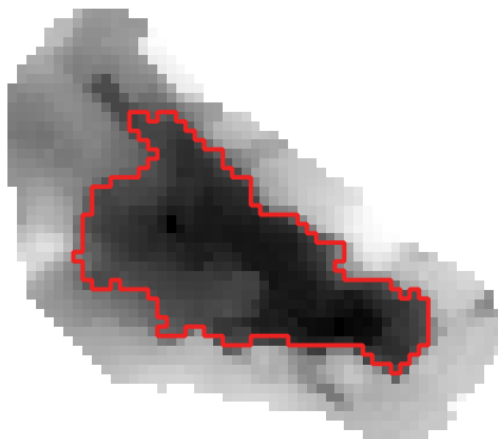
정확도 평가 방법(상관성 분석)

벽정
저수지

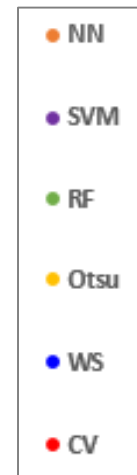
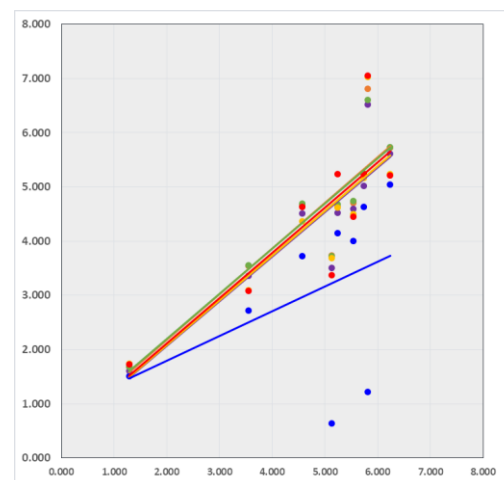


(실제 수표면적= 5.8065ha)

*드론영상 촬영



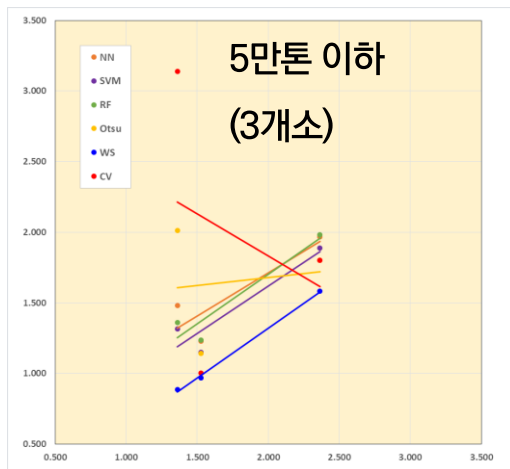
(위성영상 산출 수표면적= 6.81420ha)



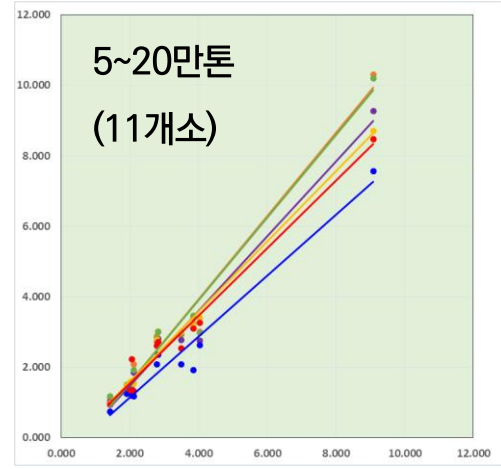
02 주요내용

3. 정확도 평가 : 저수지 규모별 참값(드론영상, X축)과 추정값(위성영상, Y축)의 산포도

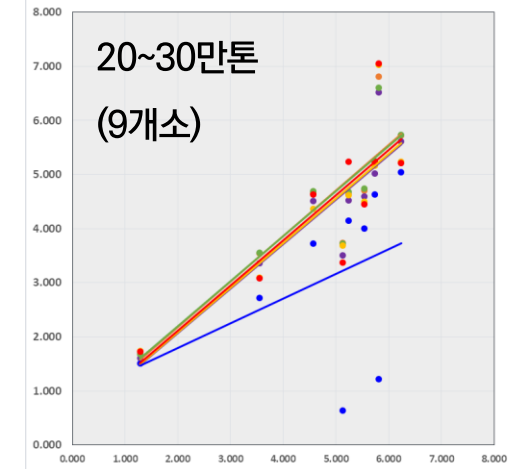
- NN
- SVM
- RF
- Otsu
- WS
- CV



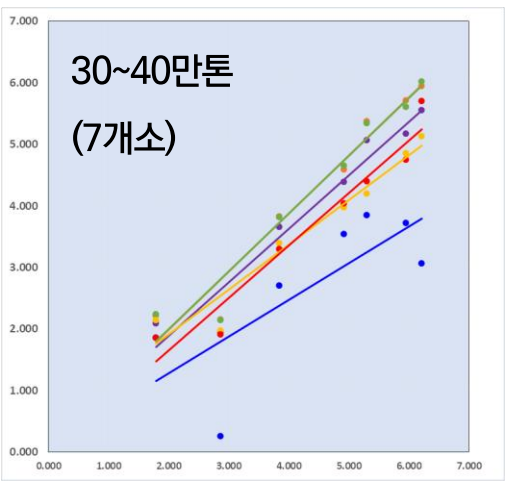
	NN(m ²)	SVM(m ²)	RF(m ²)	Otsu(m ²)	WS(m ²)	CV(m ²)
상관계수	0.879	0.932	0.951	0.132	0.999	-0.297



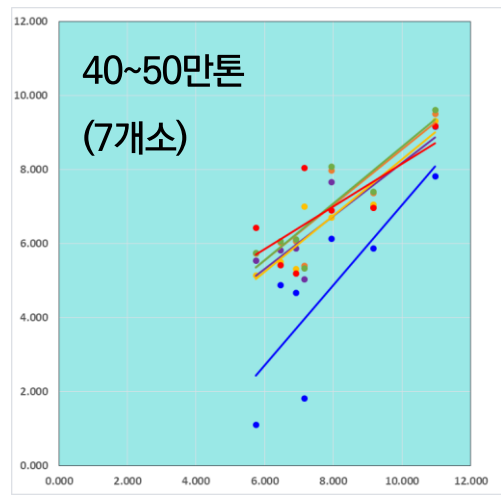
	NN(m ²)	SVM(m ²)	RF(m ²)	Otsu(m ²)	WS(m ²)	CV(m ²)
상관계수	0.985	0.985	0.986	0.996	0.980	0.987



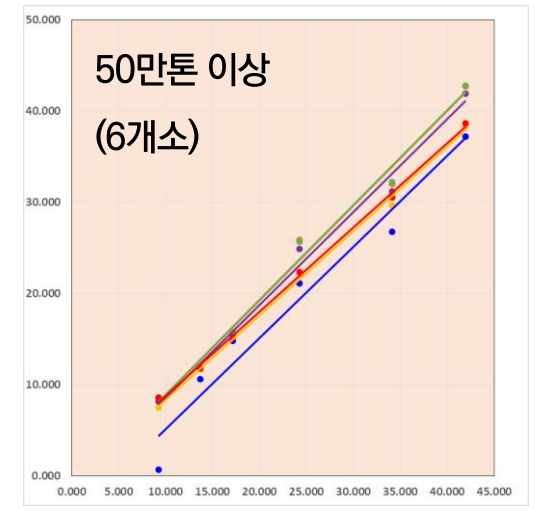
	NN(m ²)	SVM(m ²)	RF(m ²)	Otsu(m ²)	WS(m ²)	CV(m ²)
상관계수	0.887	0.889	0.900	0.854	0.436	0.829



	NN(m ²)	SVM(m ²)	RF(m ²)	Otsu(m ²)	WS(m ²)	CV(m ²)
상관계수	0.977	0.970	0.976	0.970	0.764	0.972



	NN(m ²)	SVM(m ²)	RF(m ²)	Otsu(m ²)	WS(m ²)	CV(m ²)
상관계수	0.901	0.883	0.892	0.934	0.808	0.734



	NN(m ²)	SVM(m ²)	RF(m ²)	Otsu(m ²)	WS(m ²)	CV(m ²)
상관계수	0.994	0.995	0.995	0.999	0.980	0.999

정확도 평가 : 저수지 유효저수량별 상관계수 분석(참값-추정값)

✓ 저수지 규모별 참값(드론영상)과 추정값(위성영상)의 상관계수

	NN(m ²)	SVM(m ²)	RF(m ²)	Otsu(m ²)	WS(m ²)	CV(m ²)
5만톤 이하	0.879	0.932	0.951	0.132	0.999	-0.297
5~20만톤	0.985	0.985	0.986	0.996	0.980	0.987
20~30만톤	0.887	0.889	0.900	0.854	0.436	0.829
30~40만톤	0.977	0.970	0.976	0.970	0.764	0.972
40~50만톤	0.901	0.883	0.892	0.934	0.808	0.734
50만톤 이상	0.994	0.995	0.995	0.999	0.980	0.999
평균	0.937	0.942	0.950	0.814	0.828	0.704

6종의 알고리즘별 상관계수 평균값을 보면,

- NN, SVM, RF 에서 상관계수 0.9 이상
- Otsu, WS 에서 0.8 이상
- CV는 0.7의 상관계수를 나타냄

알고리즘내 규모별 상관계수를 보면,

- NN, SVM, RF 에서 0.8 이상의 높은 상관계수를 나타냄
- Otsu에서는 5만톤 이하(0.132)를 제외하고 0.8 이상을 보임
- CV 또한 5만톤 이하에서 -0.3정도의 낮은 상관성을 나타냄

정확도 평가 : 저수지 유효저수량별 상관계수 분석(참값-추정값)

✓ 저수지 규모별 참값(드론영상)과 추정값(위성영상)의 상관계수

	NN(m ²)	SVM(m ²)	RF(m ²)	Otsu(m ²)	WS(m ²)	CV(m ²)
5만톤 이하	0.879	0.932	0.951	0.132	0.999	-0.297
5~20만톤	0.985	0.985	0.986	0.996	0.980	0.987
20~30만톤	0.887	0.889	0.900	0.854	0.436	0.829
30~40만톤	0.977	0.970	0.976	0.970	0.764	0.972
40~50만톤	0.901	0.883	0.892	0.934	0.808	0.734
50만톤 이상	0.994	0.995	0.995	0.999	0.980	0.999
평균	0.937	0.942	0.950	0.814	0.828	0.704

저수지 규모별 상관계수를 보면,

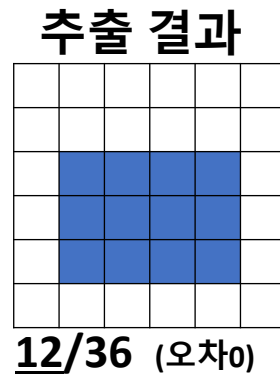
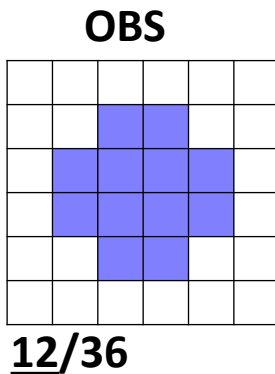
- 5만톤 이하에서 Otsu, CV 알고리즘에서 각 0.1, -0.3 정도의 상당히 낮은 값을 나타냄
- 5~20만톤에서는 모두 0.9 이상의 높은 상관성을 나타냈지만, 20~30만톤에서는 WS가 0.4 의 낮은 상관성을 보임
- 30~40만톤급, 40~50만톤급 에서 WS와 CV 에서 각각 0.7 정도의 상관성을 나타냄

정확도 평가 : 화소단위 기준 분석결과 해석

혼동행렬(Confusion matrix)기반 알고리즘별 추출 정확도 평가

		영상분류		
		수체 (Positive)	비수체 (Negative)	
계급	수체 (Positive)	True Positive (TP)	False Negative (FN)	재현율 (Recall)
	비수체 (Negative)	False Positive (FP)	True Negative (TN)	
		정밀도 (Precision)		정확도 (Accuracy)

검증값		범위
정확도(Accuracy)	$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN}$	0~1
정밀도(Precision)	$Precision = \frac{TP}{TP + FN}$	0~1
재현율(Recall)	$Recall = \frac{TP}{TP + FP}$	0~1
F1 점수(F1 score)	$F_1 = \frac{2}{\frac{1}{Precision} + \frac{1}{Recall}}$	0~1
Kappa(κ)	$\kappa = \frac{Accuracy - P_e}{1 - P_e}$ $P_e = P_{Pz} + P_{Nq}$ $P_{Pz} = \frac{TP + FN}{total} \times \frac{TP + FP}{total}$ $P_{Nq} = \frac{TN + FP}{total} \times \frac{TN + FN}{total}$	-1~1



TN	TN	TN	TN	TN	TN
TN	TN	FN	FN	TN	TN
TN	TP	TP	TP	TP	TN
TN	TP	TP	TP	TP	TN
TN	FP	TP	TP	FP	TN
TN	TN	TN	TN	TN	TN

	분류(수체)	분류(비수체)
관측(수체)	10	2
관측(비수체)	2	22

정확도 평가 : 화소단위 기준 분석결과 해석

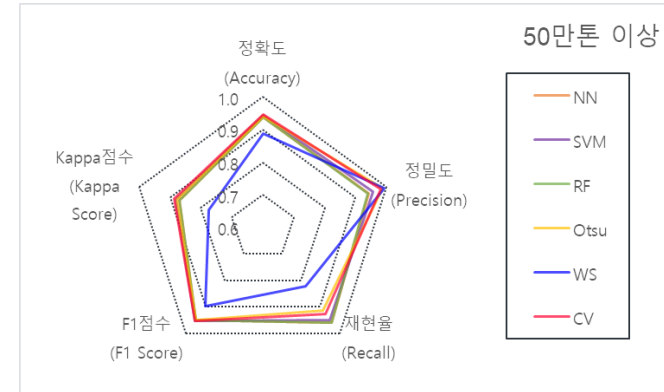
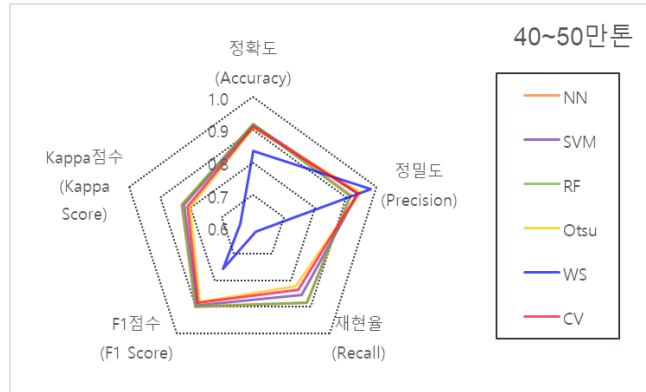
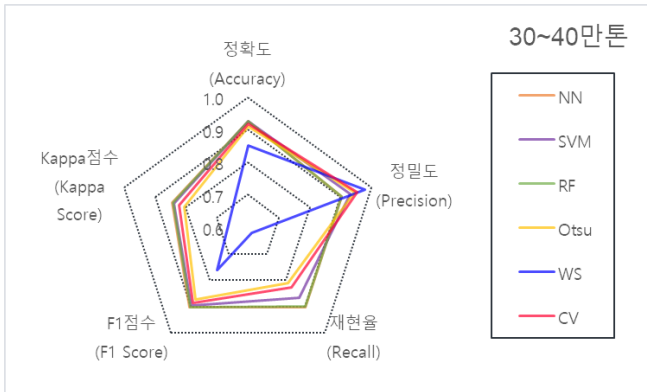
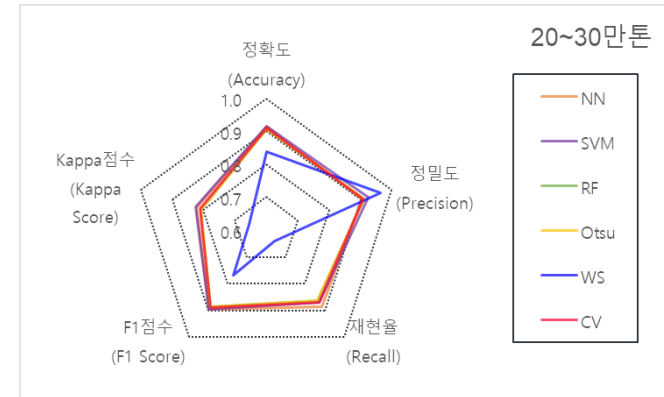
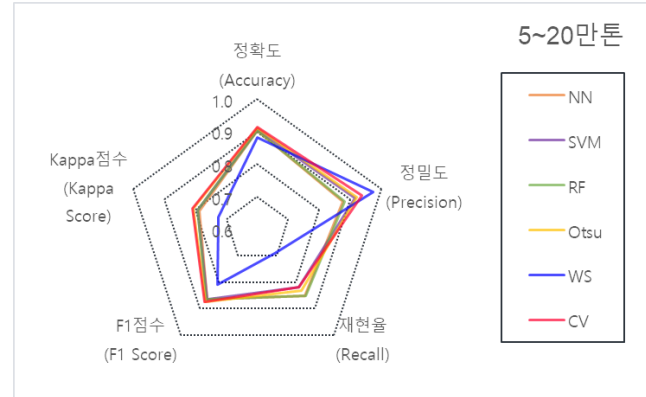
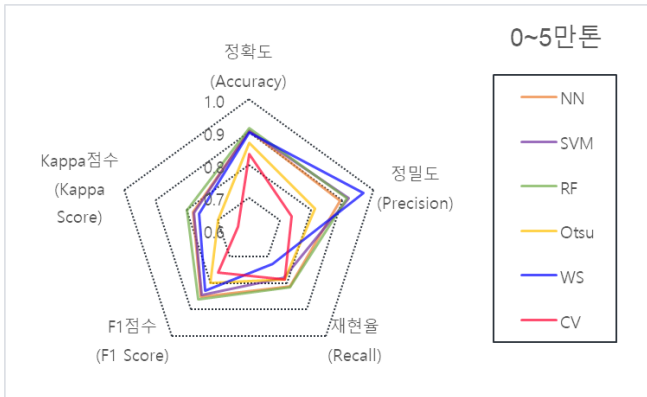
혼동행렬(Confusion matrix)기반 알고리즘별 추출 정확도 평가

		영상분류		
		수체 (Positive)	비수체 (Negative)	
계급	수체 (Positive)	True Positive (TP)	False Negative (FN)	재현율 (Recall)
	비수체 (Negative)	False Positive (FP)	True Negative (TN)	
		정밀도 (Precision)		정확도 (Accuracy)

검증값		범위
정확도(Accuracy)	$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN}$	0~1
정밀도(Precision)	$Precision = \frac{TP}{TP + FN}$	0~1
재현율(Recall)	$Recall = \frac{TP}{TP + FP}$	0~1
F ₁ 점수(F ₁ score)	$F_1 = \frac{2}{\frac{1}{Precision} + \frac{1}{Recall}}$	0~1
Kappa(κ)	$\kappa = \frac{Accuracy - P_e}{1 - P_e}$ $P_e = P_{Pos} + P_{Neg}$ $P_{Pos} = \frac{TP + FN}{total} \times \frac{TP + FP}{total}$ $P_{Neg} = \frac{TN + FP}{total} \times \frac{TN + FN}{total}$	-1~1

검증값	의미
정확도 (Accuracy)	바르게 분류된 모든 화소(대각선 방향의 합)를 모든 화소수로 나눈 것
정밀도 (Precision)	바르게 분류된 수체화소(TP)를 모든 수체 추정 화소수로 나눈 것
재현율 (Recall)	바르게 분류된 수체화소(TP)를 모든 실제 수체 화소수로 나눈 것
F ₁ 점수 (F ₁ score)	정밀도와 재현율의 조화평균
Kappa (κ)	분류된 영상과 실측자료의 화소간 일치도

정확도 평가 : 화소단위 기준 분석결과 해석

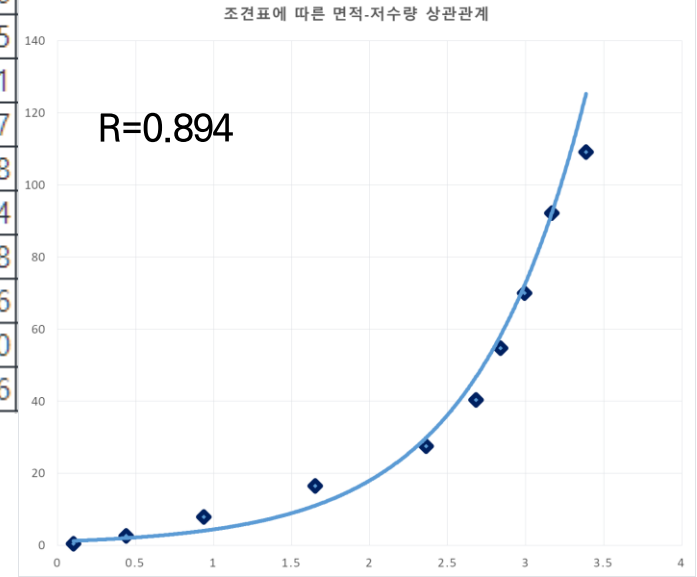


- WS를 제외한 NN, SVM, RF, Otsu, CV 5개 기법 연구대상시기의 저수지에서 높은 검증값을 보임
- 규모가 작은 0~5만톤급 저수지에서 전체적으로 정확도가 낮아지는 것으로 나타남

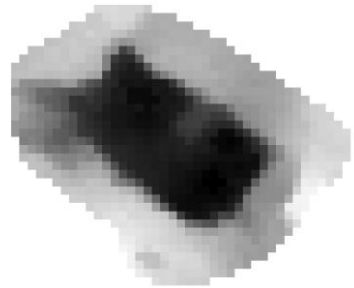
정동저수지 수표면적 시계열 자료의 저수량 상관관계 분석

정동저수지 조건표

순번	표고(EL.m)	고차(m)	면적(m ²)		내용적(m ³)		저수율(%)	비고
			표고별	평균	구간별	누가		
1	66	0	0	0	0	0	0	사수위
2	66.5	0.5	2,066	1,033	517	517	0.56	
3	67	0.5	6,730	4,398	2,199	2,716	2.95	
4	67.5	0.5	12,022	9,376	5,227	7,943	8.61	
5	68	0.5	21,026	16,524	8,629	16,572	17.97	
6	68.5	0.5	26,212	23,619	10,979	27,551	29.88	
7	69	0.5	27,443	26,828	12,879	40,430	43.84	
8	69.5	0.5	29,331	28,387	14,327	54,757	59.38	
9	70	0.5	30,524	29,928	15,326	70,083	76	
10	70.7	0.7	32,817	31,671	22,135	92,218	100	
11	71.2	0.5	34,900	33,859	16,930	109,148	118.36	



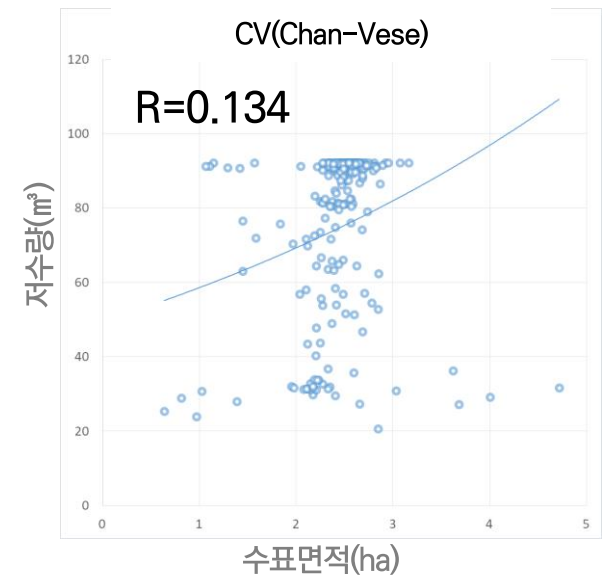
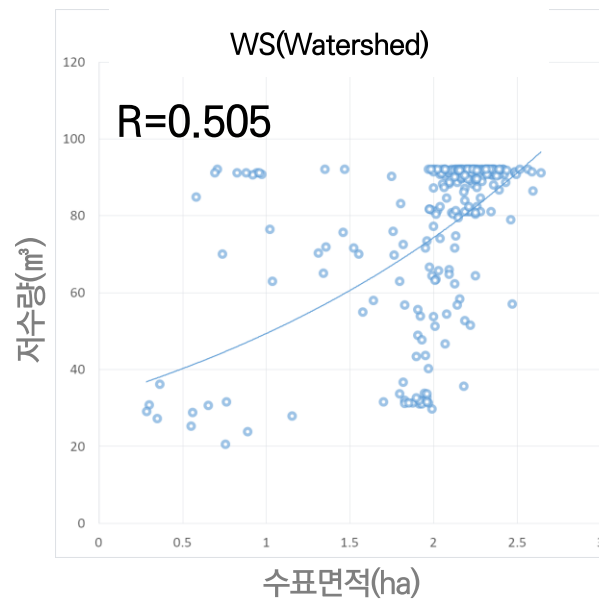
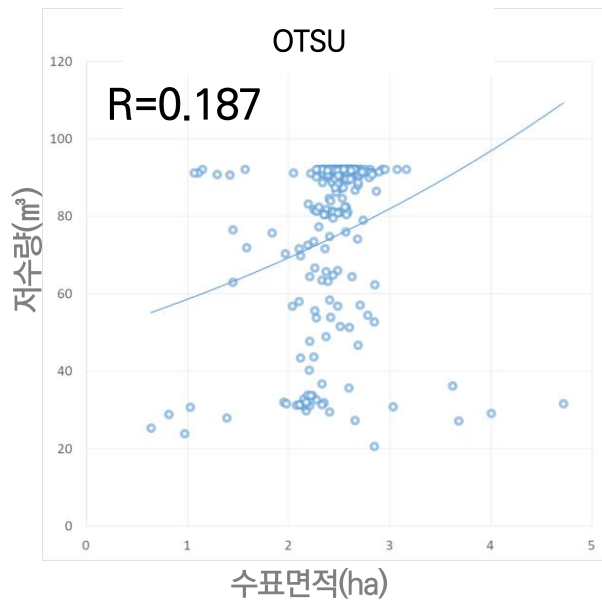
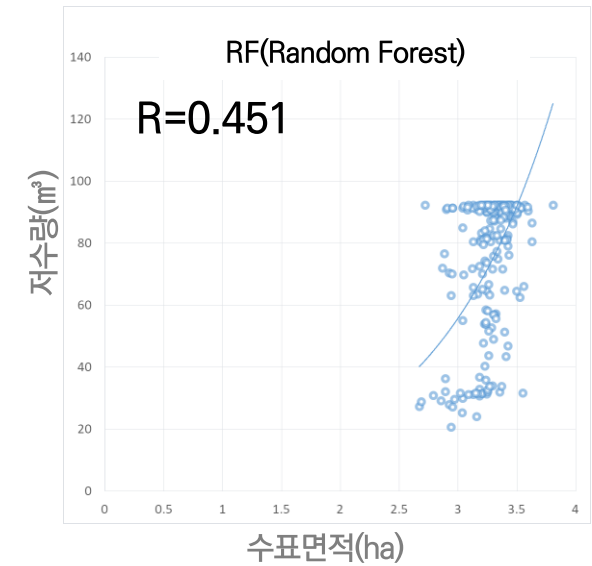
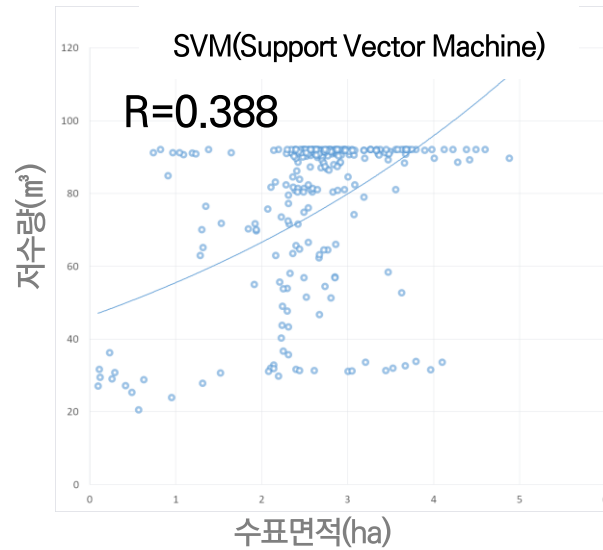
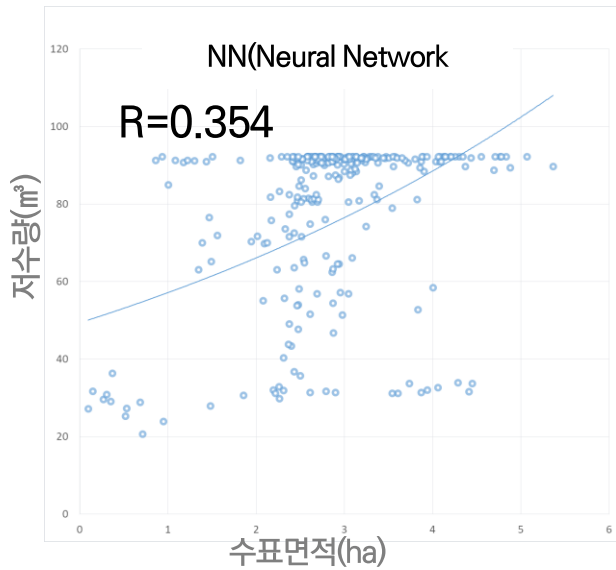
〈조건표에 따른 수표면적-저수량 상관관계〉



〈정동저수지 드론영상(좌) 및 위성영상(우) 예시〉

02 주요내용

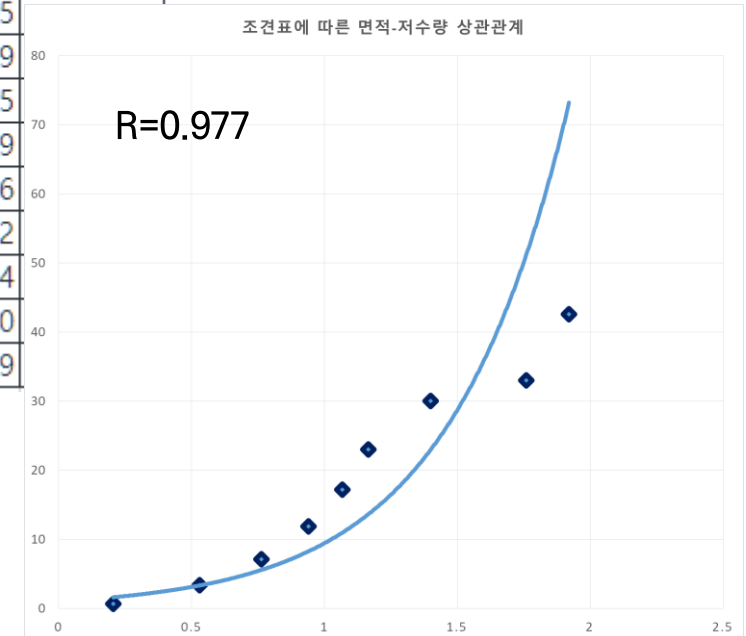
4. 수표면적 시계열 분석 : 정동저수지 수표면적-저수량 상관관계(16.1.~21.9.)



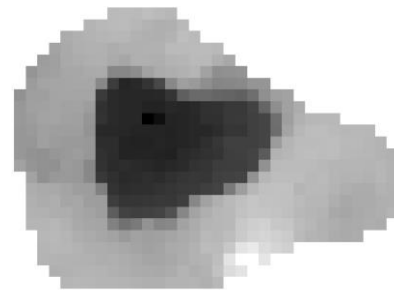
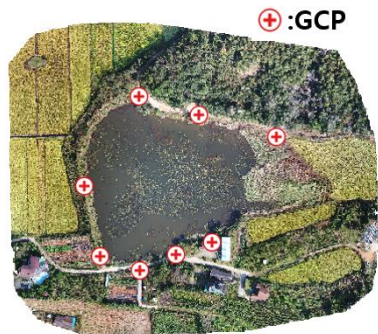
분황저수지 수표면적 시계열 자료의 저수량 상관관계 분석

✓ 분황저수지 조건표

순번	표고(EL.m)	고차(m)	면적(m ²)		내용적(m ³)		저수율(%)	비고
			표고별	평균	구간별	누가		
1	50.67	0	0	0	0	0	0	사수위
2	51	0.33	4,100	2,050	676	676	2.05	
3	51.5	0.5	6,520	5,310	2,655	3,331	10.09	
4	52	0.5	8,740	7,630	3,815	7,146	21.65	
5	52.5	0.5	10,060	9,400	4,700	11,846	35.89	
6	53	0.5	11,300	10,680	5,340	17,186	52.06	
7	53.5	0.5	12,020	11,660	5,830	23,016	69.72	
8	54	0.5	15,990	14,005	7,003	30,019	90.94	
9	54.17	0.17	19,205	17,597	2,991	33,010	100	
10	54.67	0.5	19,205	19,205	9,603	42,613	129.09	



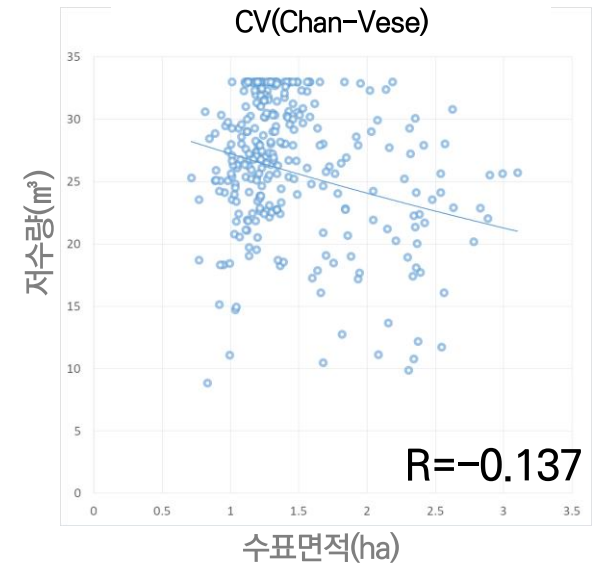
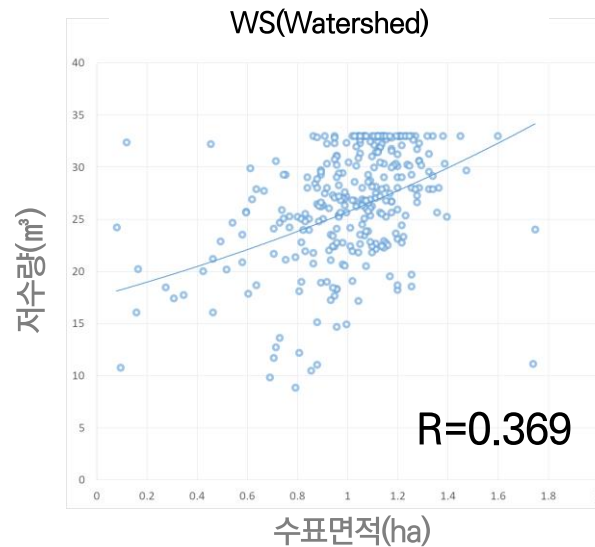
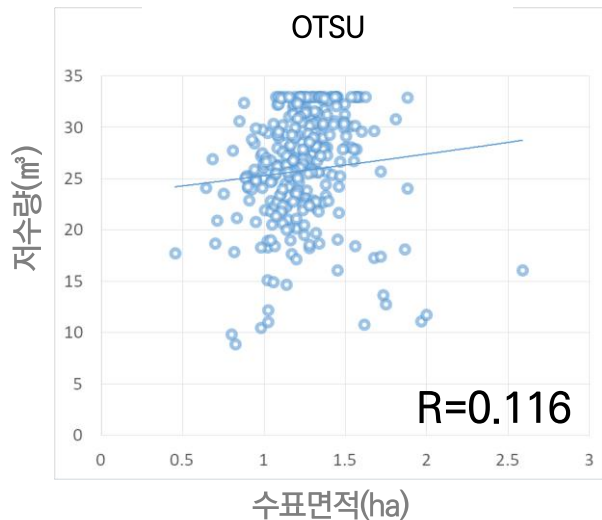
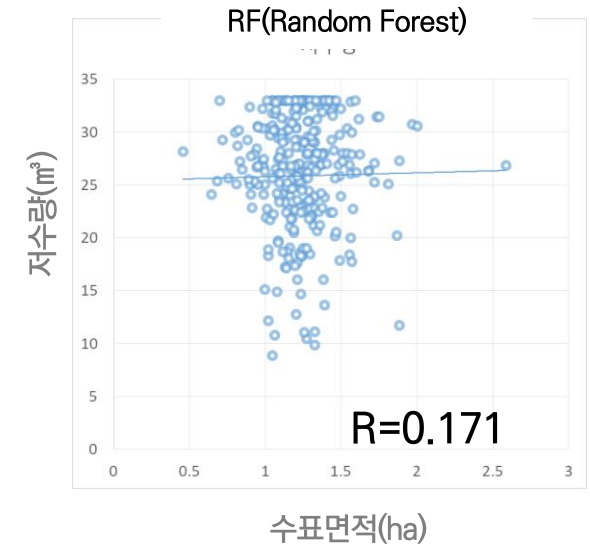
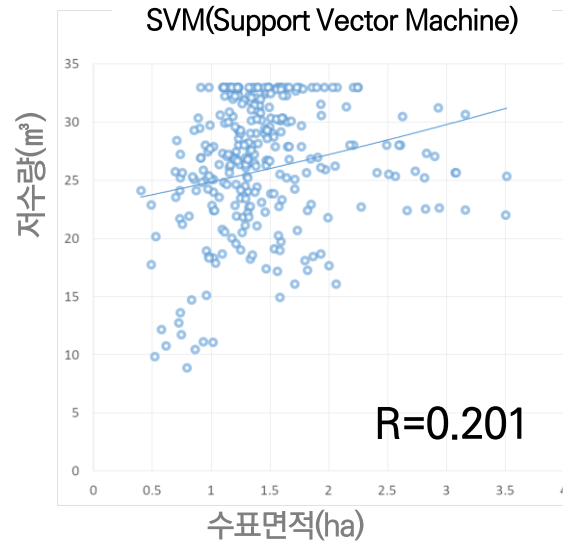
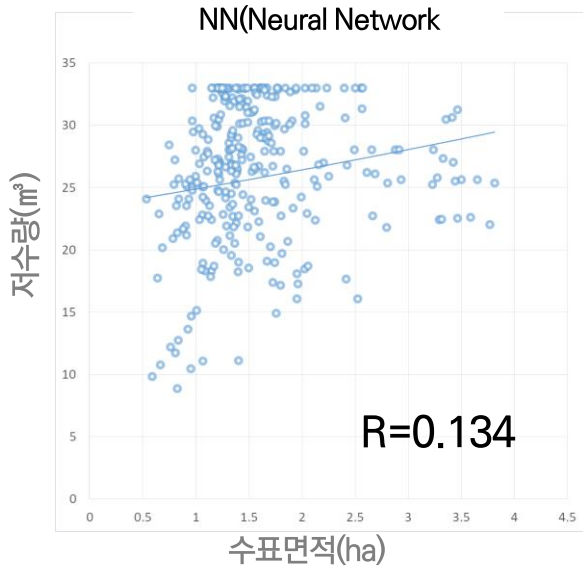
〈조건표에 따른 수표면적-저수량 상관관계〉



〈분황저수지 드론영상(좌) 및 위성영상(우) 예시〉

02 주요내용

4. 수표면적 시계열 분석 : 분황저수지 수표면적-저수량 상관관계(15.5.~21.7.)



III. 결론

월 1회 5만톤급 이상 저수지에 대해 분석 신뢰도(오차 $\pm 10\%$) 확보 및 현업 활용

1 SAR영상 활용 중·소규모 수체(수표면) 추출 알고리즘 선정

6개 알고리즘 선정 : 영상분할 3종 (OTSU, Watershed, Chan-ve),
학습기반 3종 (Neural Network, Random Forest, Support Vector Machines)

2 선정된 알고리즘의 수체 추출 특성 분석 (드론을 활용한 현장영상자료가 확보된 43개소 저수지 대상)

(실측값-추정값 비교) 저수지 규모가 증가할 수록 수표면적 추출 정확도는 증가하였음
(화소단위 분석) 대부분의 알고리즘이 높은 검증 값을 보였으며 그 중 학습기반 알고리즘에서 더 높은 검증 값을 보였음

3 선정된 알고리즘의 시계열적 수체 추출 특성 분석

'16년~'21년 SAR영상 활용 저수지 규모별 수표면적과 저수량 상관성은 다르게 나타남

※ 시계열 변화분석을 통해 연관성이 도출될 시, 향후 연구를 통해 계절별 영향에 따른 정확도 향상 방안 도출

최첨단 재난안전 Think Tank

감사합니다.



책임운영기관

국립재난안전연구원

National Disaster Management Research Institute