



빅데이터 및 인공지능 기반 지하수 수위 사전 예측 시스템 개발

2024 창UP 아이디어 경진대회 왕중왕전

HAI_UW | 팀장 : 송경근

HAI_UW | 팀원 : 고재욱, 김주현, 김호연, 박보경

201932029@hu.halla.ac.kr

CONTENTS

- 
- 1 서비스 필요성**
 - 서비스 개요 및 필요성
 - 2 서비스 개발 내용**
 - 서비스 개발 내용 및 프로젝트 추진 계획
 - 3 서비스 활용 방안**
 - 서비스 활용 방안
 - 4 사업화 전략**
 - 사업화 전략 및 제품화 계획

기후변화에 사회·경제적 변화로 지하수 고갈 현실화 위기



제주 물 공공적 가치 실현, 대체 수자원 개발과 이용 확대 빗물·하수 재처리·중수도 등 도내 사용률 고작 3.6%에 그쳐 수자원 인공함양·해수 담수화시설 확대 등 장기적 검토 시급

제주는 강수량이 풍부한 섬이지만, 토수성이 높은 지질 특성으로 인해 상시 물이 흐르는 하천이나 강이 거의 없다. 151개의 하천이 분포하지만 대부분 경사가 급한 남북사면을 중심으로 형성돼 대부분 바다로 빠져나가는 건천을 유지하고 있다.

이 때문에 도민들은 생활에 필요한 용수의 대부분을 지하수에 의존하며 살고 있다. 용천수도 그 기원이 지하수임을 감안하면 96.1%(지하수 82.2%, 용천수 13.9%)를 지하수에 의존하는 실정이다.

최근 인구·관광객의 증가와 각종 개발사업 확대 등 사회의 변화는 지하수의 사용량을 지속적으로 증가하고 있다. 기후변화의 영향으로 인한 폭염일수의 증가와 가뭄의 장기화, 강수의 패턴 변화 등의 현상은 지하수 함양에 대한 불안정성도 증가하고 있다. 다시 말해 지하수 함양량이 감소될 위기에 처해 있지만 사용량은 계속 증가하면서 **제주 지하수의 고갈 문제가 대두되고 있다.**

출처 : 제주매일 (<http://www.jejumaeil.net>)

먹는 샘물 수요 급증 지하수 고갈 민원 속출 "대책 마련 서둘러야"



수돗물 불신에 따른 국내 먹는 샘물 시장이 급성장하면서 인근 지하수 부족 민원이 증가하고 있는데다 먹는 샘물 수질오염 우려도 커지고 있어 이에 대한 대책 마련을 서둘러야 한다는 지적이 제기되고 있다.

먹는 샘물 수요 증가에 따른 이 같은 **취수량 증가로 먹는 샘물 제조공장 인근 지하수의 부족**을 호소하는 민원이 잇따르고 플라스틱 용기 폐기물량도 갈수록 증가하고 있다.

이에 환경부는 "먹는 샘물의 원수인 '지하수'는 유한한 공공재라며 주변 영향, 개발 가능량 등을 고려하여 적정 취수량을 관리하고 있다"고 했다.

이때문에 먹는 샘물 공장 인근 주민들이 사용하는 **지하수는 고갈돼 이에 따른 민원이 끊이지 않고 있는 것이다.**

출처 : 이그린뉴스 (<https://m.egreen-news.com/13693>)

1-1 | 서비스 필요성

알고 계셨나요?

우리나라 1인당
하루 평균 물 사용량은
무려 **302 L**

환경부 '상수'

〈그림〉 2022 상수도 통계에 따른 물 사용량



대한민국은 물 스트레스 국가?

1인당 이용가능한 수자원량은 연간 강수량 중 증발산량 등의 손실을 제외한 유출량을 인구수로 나눈 값으로 **우리나라는 1,453톤**으로
세계 153개국 중 **129위**로 물 스트레스국으로 지정

영국 생태환경 및 수문학센터(CHE)에서 국가의 복지수준과 물 이용 가능성을 통합적으로 나타낸 **물 빈곤지수**의 경우 **147개국** 중 **43위**,
OECD 국가중 20위로 주요 선진국에 비해 낮은 수준

이에 따라 대체 수자원으로서 지하수의 비중이 높아지고 있으며,
지하수의 효율적인 공급을 위해 지하수위 변동 관리가 매우 중요

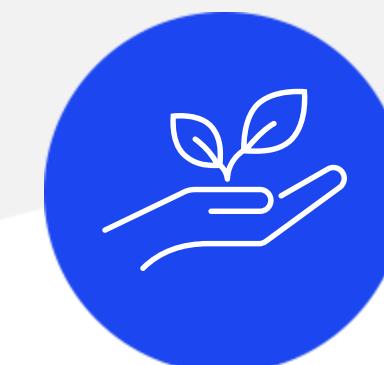
1-2 | 서비스 필요성

지하수 자원의 지속 가능성 관리

지하수는 **한정된 자원**으로, 과도한 사용이나 재충전의 부족으로 인해 **고갈될 위험**이 있음

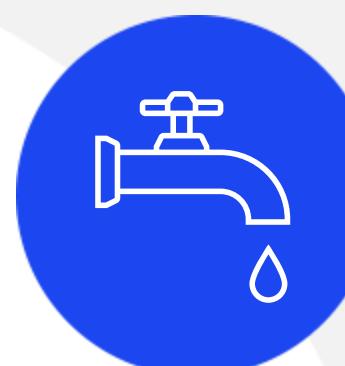
가뭄 대비

가뭄과 같은 기상 현상에 따라 지하수 수위는 **크게 변동**할 수 있기 때문에 용수 확보 전략을 마련



농업 및 산업용수 관리

농업에서는 **작물 관개**를 위해, 산업에서는 **공정용수**를 위해 지하수를 사용



환경 보호, 생태계 유지

하천, 습지, 지하수는 서로 연결되어 있어, 지하수 수위의 변화는 **주변 생태계에 영향**을 미칠 수 있음



지하수 관리 필요성



도시 개발, 토지 이용 계획

지하수는 지반의 안정성과도 관련이 있습니다. 수위가 급격히 낮아지면 **지반 침하**가 발생할 수 있음

1-3 | 서비스 필요성

지하수 이용에 따른 예측 시스템의 필요성

지하수위 변동을 감시하기 위해 지역별로 지하수 관측망 시스템이 운영되고 있으며, 현재 운영되는 관측망은 6,114개로, 대부분 수동 관측으로 운영

HAI의 목표는 **지하수와 관련된 빅데이터를 기반한 AI 학습**을 통하여 **지하 수위 변동 예측 시스템을 개발**하는 것으로서 연구개발이 완료되면 확대되는 지하수 관측망에 바로 적용이 가능할 것으로 판단



〈출처〉 2023 통계청 지하수 이용 비율 측정 자료

- 지자체 (수요기관) → 가뭄 등, 기상 이변 상황 시 수위 예측으로 취수량 조절로 **선제적 대비 가능**
- 먹는 샘물 (수요기관) → 지하수 **생산량 효율화** 및 증산 기대 / 취수량 증대 근거 자료 확보
- 음료수 업체 (수요기관) → 지하수 예측을 통한 기간별 **취수량 최적화**
- 지하수 영향 조사 지원 서비스 → 단계 대수성 시험, 연속 대수성 시험과 수위 회복 시험시 지하수 수위 예측 정보 제공

“ 지하 수위 변화 예측 시스템 개발 ”

항목

핵심 기술

서비스 개발 필요성

기대 효과

VISION 1



서비스 목표

- 인공지능 기반 지하수 수위 데이터 학습을 통한 **효율적인 지하수 변화 예측 및 중장기 취수량 계획**

VISION 2



핵심 기술

- 인공지능을 활용한 **예측 기반 시스템** 효율적 지하수 공급
- 빅데이터 분석을 활용한 **신뢰성 높은 데이터 분석 활용**

VISION 3



서비스 개발 필요성

- 정책적 측면 : 기후변화에 따른 대응 가뭄 등 **재난대응** 필요
- 기술적 측면 : 지하수 정보의 체계적인 인프라 확보에 따른 축적된 **지하수 관련자료의 활용성 강화**
- 시장성 측면 : **지하수를 이용한 산업 육성의 필요성 증대**

VISION 4



기대 효과

- 기후변화에 따른 **수자원 공급 다변화**
- 물 관련 **사회문제 해결**
- 지하수 연관 물 산업 규모 확대
- 지하수 수위 **예측 시스템 구축**

1-5 | 서비스 필요성

아이템의 필요성			
항목	As-Is	To-Be	차별성
지하수 관련 정보	수위 모니터링 시스템 (ex: 국가지하수정보센터)	지하수 수위 1주일 사전예측 시스템	<ul style="list-style-type: none">기존 시스템 모니터링은 수위 변화에 따른 선제적 대비가 불가능최소 1주일(이상) 사전 예측을 통하여 취수량 조절이 필요
AI 모델	예측 모델 부재	LSTM과 ARX, NARX 모델 등 여러 모델 연구 후 최적화 모델 선별 예정	지하수위 예측에 최적화된 AI 모델

〈 표 〉 아이템의 필요성

2-1 | 서비스 개발 내용



〈그림〉 창업아이템 최종 목표 아키텍처

쟁점 사항	개발 전략
데이터의 정제	수집된 지하수위/강수량 데이터에 대한 데이터 정제를 수행하여 데이터의 통합성을 확보하고 개발 진행

〈표1, 2〉 주요 쟁점사항 및 개발전략

쟁점 사항	개발 전략
인자 값 도출	통계분석 및 기계학습을 통한 절대적/상대적 지표를 산출하여 정확한 예측모델에 필요한 영향 인자 도출

빅데이터 구축 기반 마련

VISION 1



1. 지하수위와 연관된 기관별
데이터 현황 파악
2. 데이터 수집을 위한 **정제 방식**
정의
3. 수집 데이터 **저장 방식** 정의
4. 분석 대상 지점 선정 및 데이터
Filtering
5. 수집 데이터 종류 및 특성에
따른 수집 주기 / 방안 연구
데이터

데이터 정제를 통한 빅데이터 구축

VISION 2



1. 분석 기간에 기반을 둔
데이터추출/정리(최소 1년
이상 데이터 확보지점)
2. NA값 및 Outlier 제거
3. 기상/지하수위 데이터 최종
병합
4. 변수별 Time Lag를 고려한
파생변수를 고려하여 데이터
마트 확장

2-2 | 서비스 개발 내용

인공지능 기반 지하 수위 변동 예측 최적화

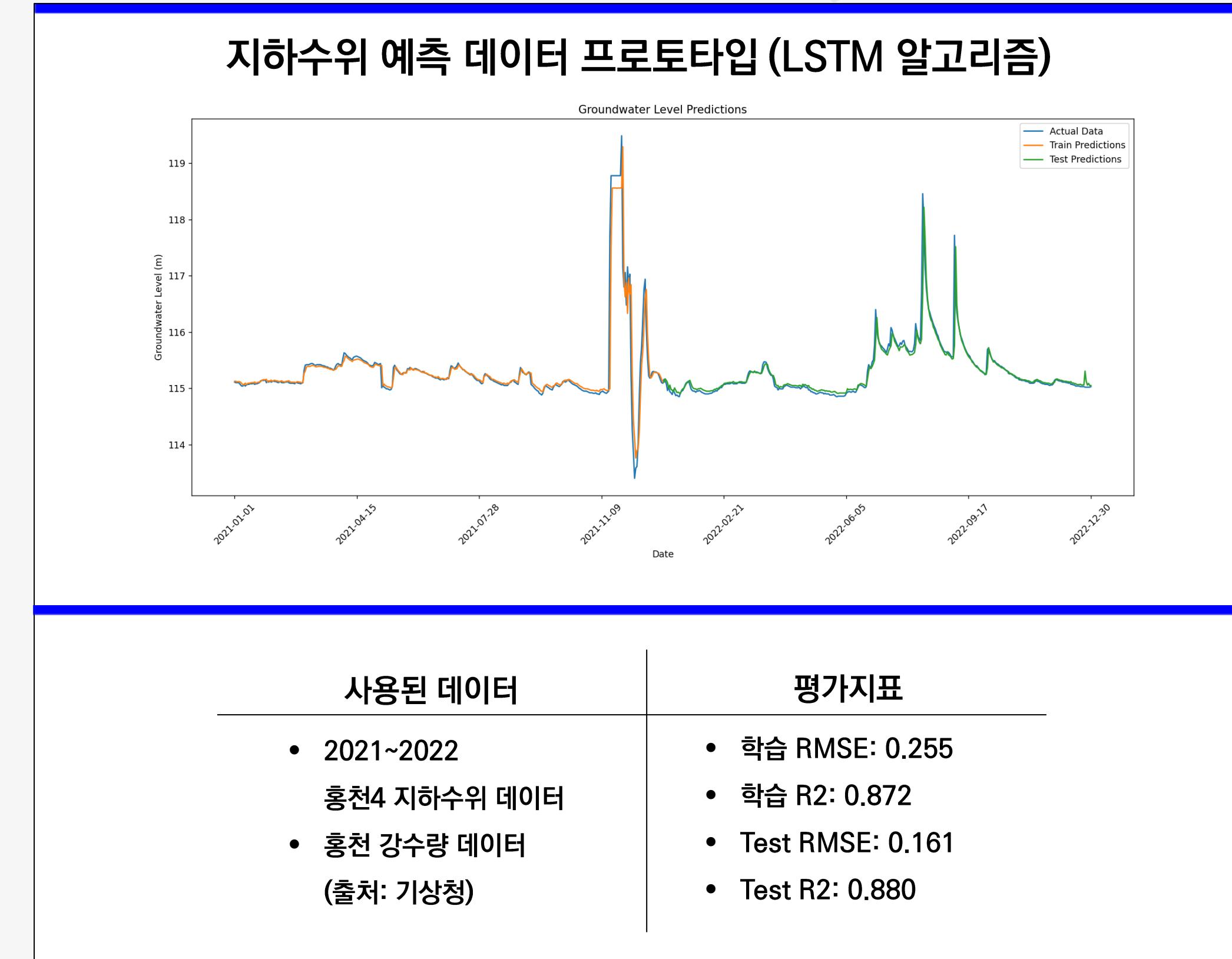
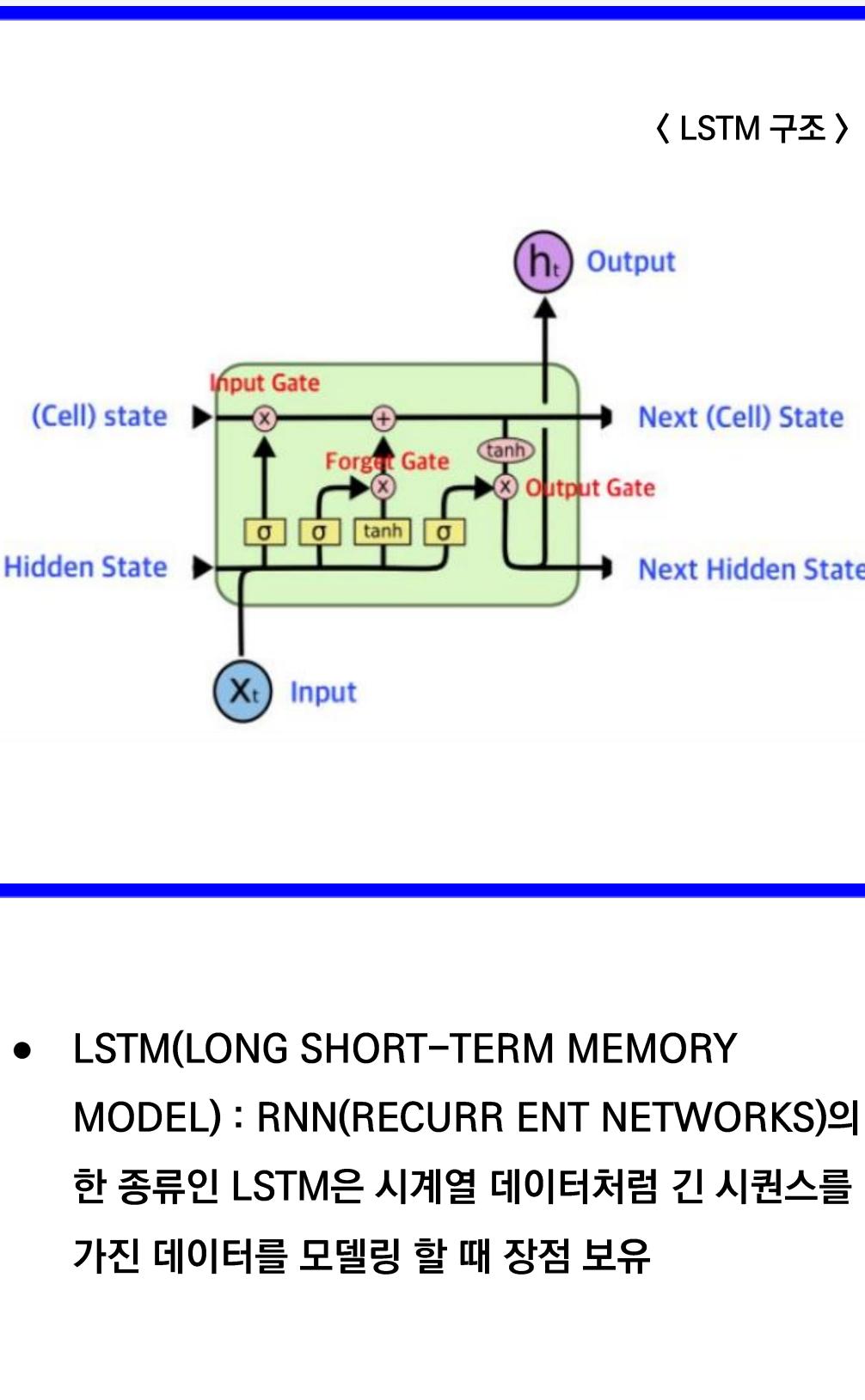
모형 선정 기준	설명
예측력 (Predictability)	<ul style="list-style-type: none"> - 모델이 갖는 예측 정확도를 의미 - 예측력은 훈련 데이터를 통해 학습된 모델을 테스트 데이터로 평가 - 예측력에 대한 평가는 예측할 종속 변수에 따라 달라지기 때문에 주의 요망
해석력 (Interpretability)	<ul style="list-style-type: none"> - 설명 변수와 종속 변수 간의 상관관계가 유효한 정도를 평가하는 요소 - 보통 변수 간의 유효성을 평가할 때 예측력의 정도를 사용하는 데이터는 설명 변수가 존재하는지에 대한 여부를 평가하는 요소
효율성 (Efficiency)	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터 셋에 불필요한 설명 변수(영향인자)가 존재하는지에 대한 여부를 평가하는 요소 - 효율성에 대한 평가는 예측 모델을 학습시킬 때 각 설명변수의 활용도를 사용
안정성 (Robustness)	<ul style="list-style-type: none"> - 모델 구동에 사용한 입력 데이터나 변수를 변경했을 때 모델의 예측력이 변화하지 않고 얼마나 둔감한지를 나타내는 요소 - 예를 들어 입력 데이터나 변수를 변경할 때마다 모델의 예측력이 크게 변화하지 않는다면 해당 모델은 안정성을 보여 신뢰할 수 있다는 평가 존재

〈표〉 모델 선정 기준

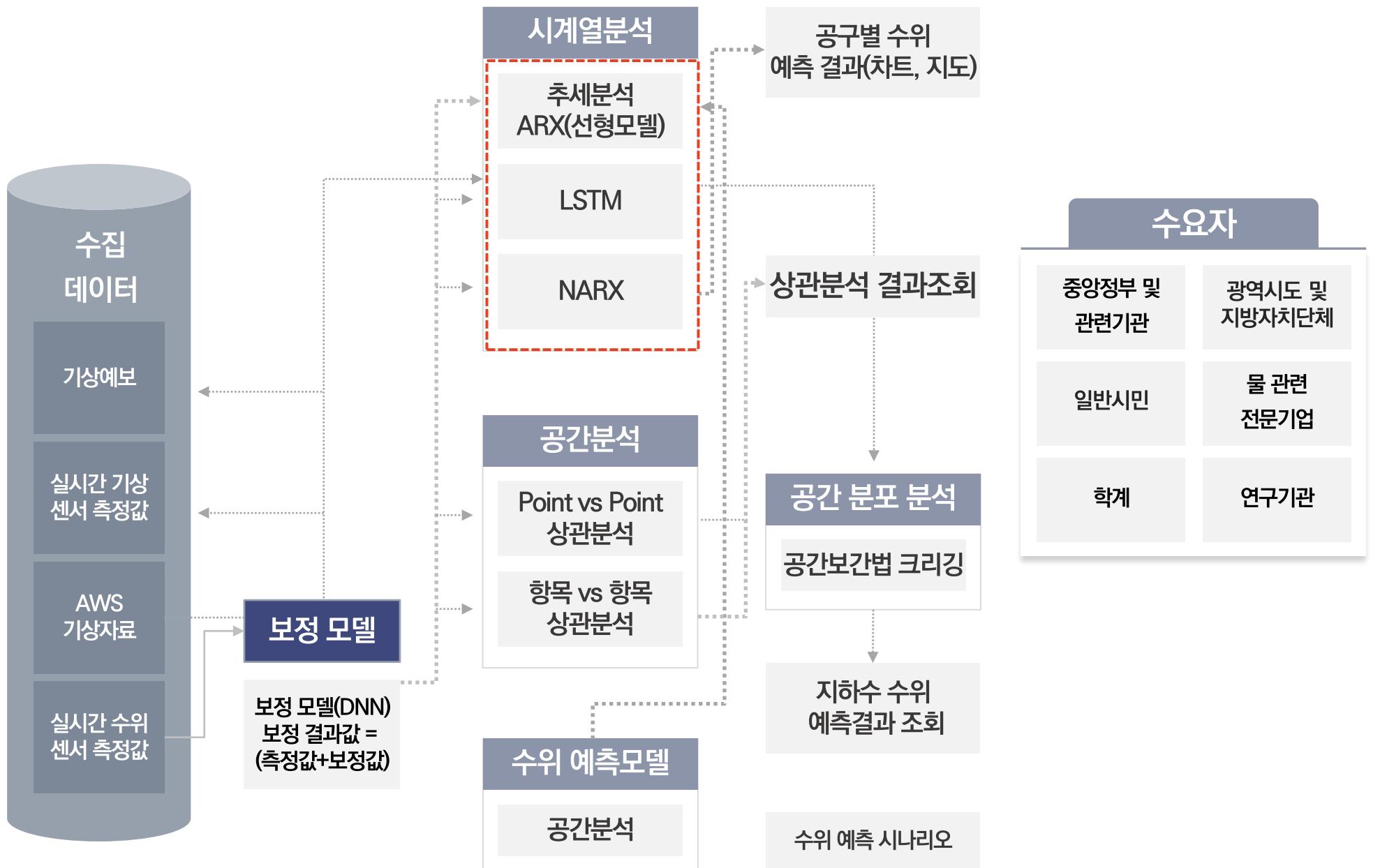
□ 모델 평가 기준 설명	
• 모델의 예측 데이터와 실측 데이터와의 MAPE 검증을 통해 모델의 신뢰도 평가	
• 지하수위 자료는 다양한 요인에 의해 이상치 및 노이즈를 포함하므로 이를 모델 훈련에서 배제하는 방안 수립이 필요	
• 자료 전처리 과정에서 Robust Regression 모델(예. Least Trimmed Squares, LTS)을 이용하여 일부 이상치 제거	
• 오염이 심한 지하수위 자료에 대해서는 LTS, Whittaker Smoother, Asymmetry Weighting 등을 조합한 견고 비용함수(Robust Cost Function)을 이용하여 학습에서의 이상치 및 노이즈 효과 배제	
모형 평가 기준	설명
MSE (평균 제곱 오차)	오차의 제곱에 대해 평균을 취한 것으로 작을수록 원본과의 오차가 적음
RMSE (평균 제곱근 편차)	추정 값 또는 모델이 예측한 값과 실제 환경에서 관찰되는 값의 차이
MAPE (평균 절대 백분율 오차)	절대 백분율 오차의 평균치로 RMSE 및 MSE가 오차의 크리를 비교한다면 MAPE는 오차의 비율로 모델의 오차를 비교할 수 있음
R2 (결정계수)	추정한 선형 모형이 주어진 자료에 적합한 정도를 재는 척도반응 변수의 변동량 중에서 적용한 모형으로 설명가능한 부분의 비율

〈표〉 모델 평가 기준

2-3 | 서비스 개발 내용



2-4 | 서비스 개발 내용

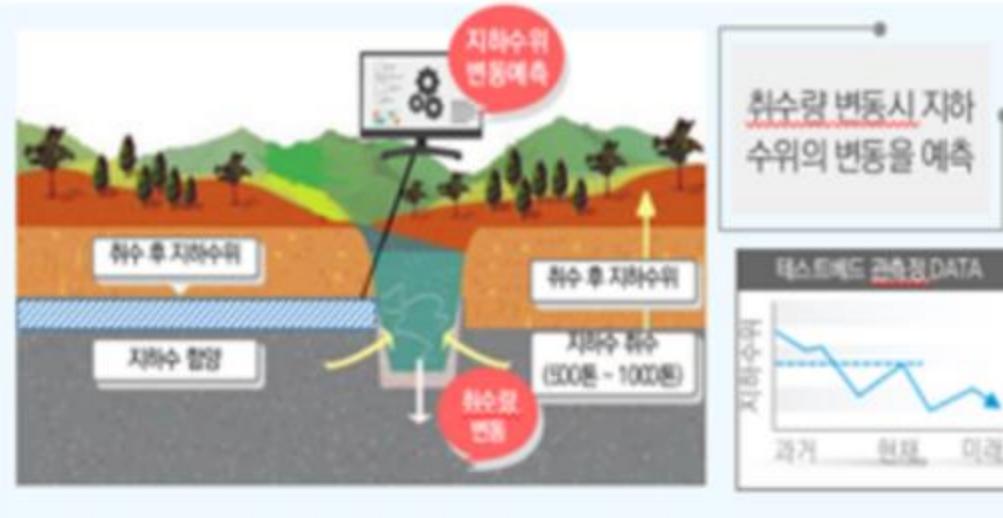


추가 개발 방안

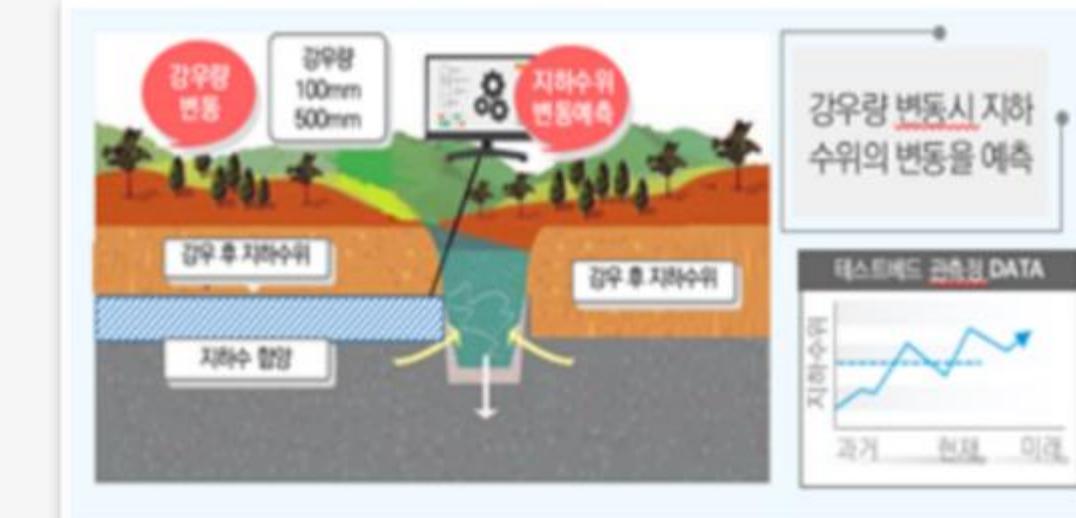
- 지하수 수위 빅데이터 확보
- 데이터 정제를 통한 빅데이터 구축(라벨링)
- 분석 대상 측정소 데이터 Filtering
- 분석 기간에 기반을 둔 데이터 추출/정리
- 인공지능 모형구축
- 지하수 수위 변동예측 성능 평가
- 지하수 수위 예측 결과 가시화

3-1 | 서비스 활용방안

취수량 변동 시 지하수위 예측



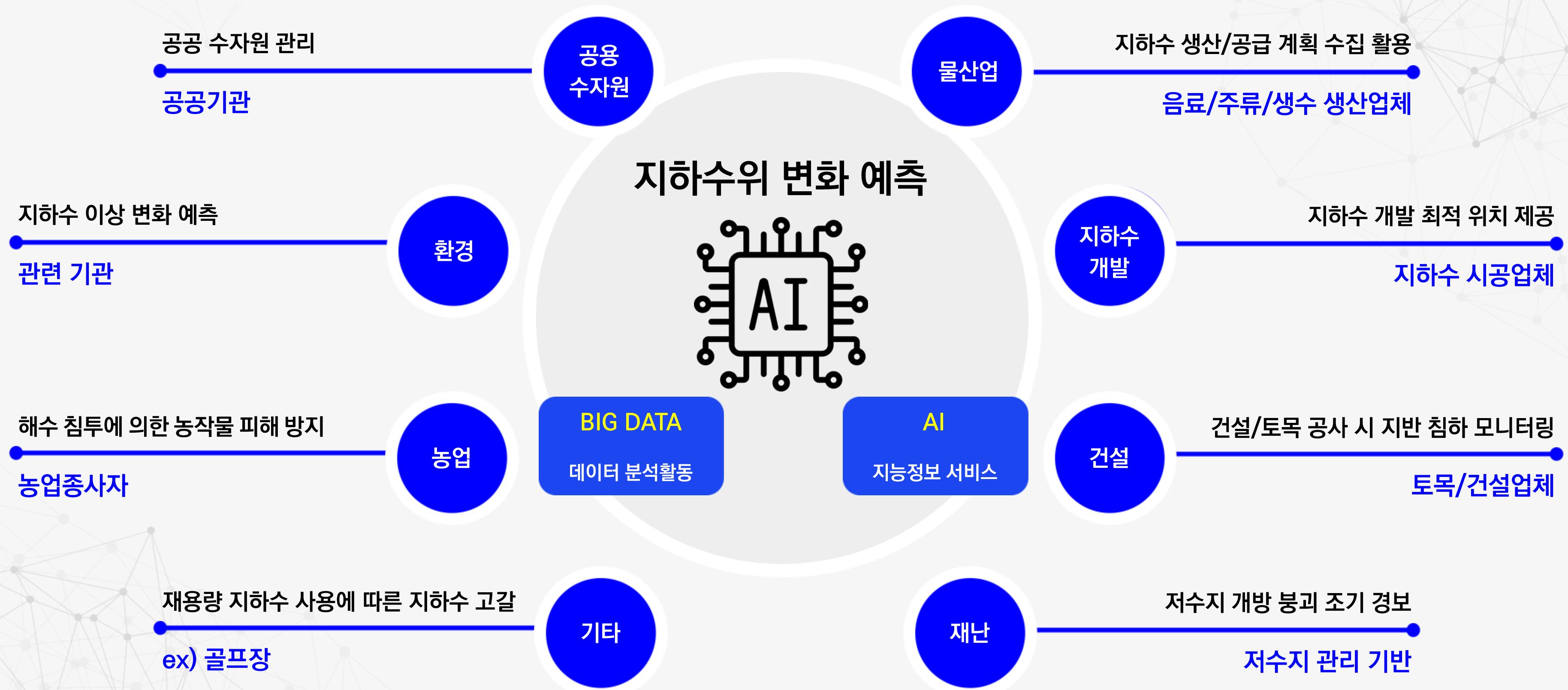
강우량 변동 시 지하수위 예측



지하수 수위 예측 시스템 프로젝트 추진 계획

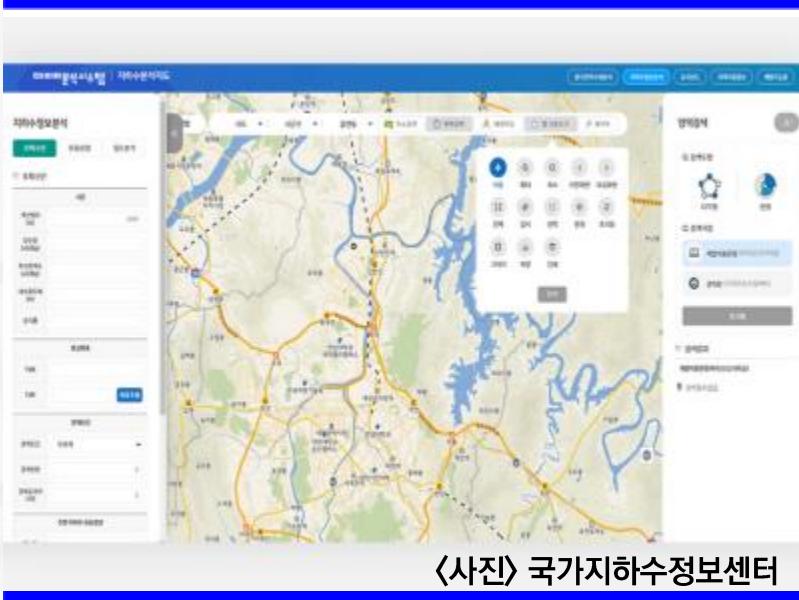


3-2 | 서비스 활용방안



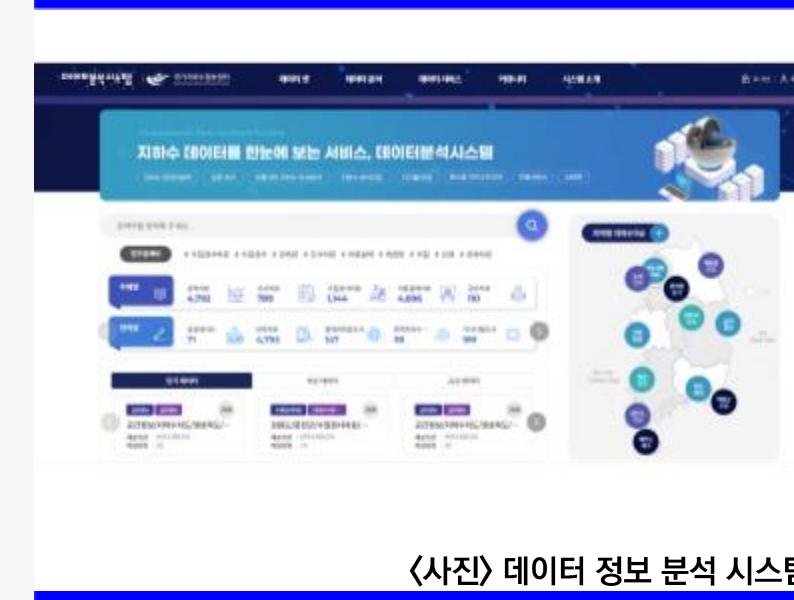
4-1 | 사업화 전략

국내 경쟁기관 및 기술현황



- 전국의 지하수 수량, 수질, 이용실태 등 모든 지하수 정보 수집 및 관리
- 대국민 지하수 정보 서비스를 하는 환경부 산하 국가기관

국내 경쟁기관 및 기술현황



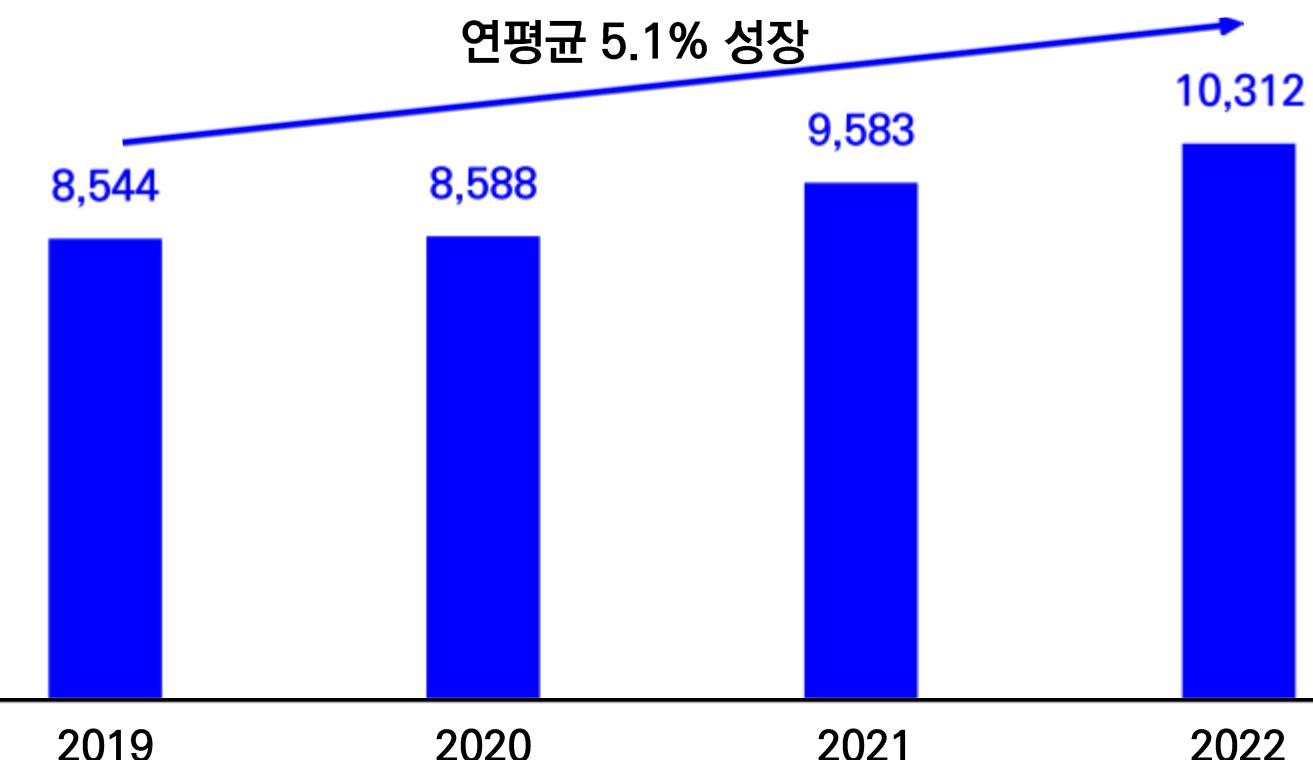
- 기존 지하수 관련 서비스 및 활용 기술은 공공중심으로 개발
- 이와 직접적으로 경쟁할 민간 업체는 파악 불가능

국내시장 진출방안

지하수 시장은 개발, 환경, 식용 등 폭넓은 방면에서 시장을 형성, 대상 기술은 지하수 이용시장 분야에 중점적으로 활용할 계획으로
지하수(물) 이용 시장을 대상으로 파악

국내 먹는 샘물 시장규모(2019~2022년)

(단위 : 10억 원)



출처 : 2022년도 식품 등의 생산실적, 식품의약품안전처

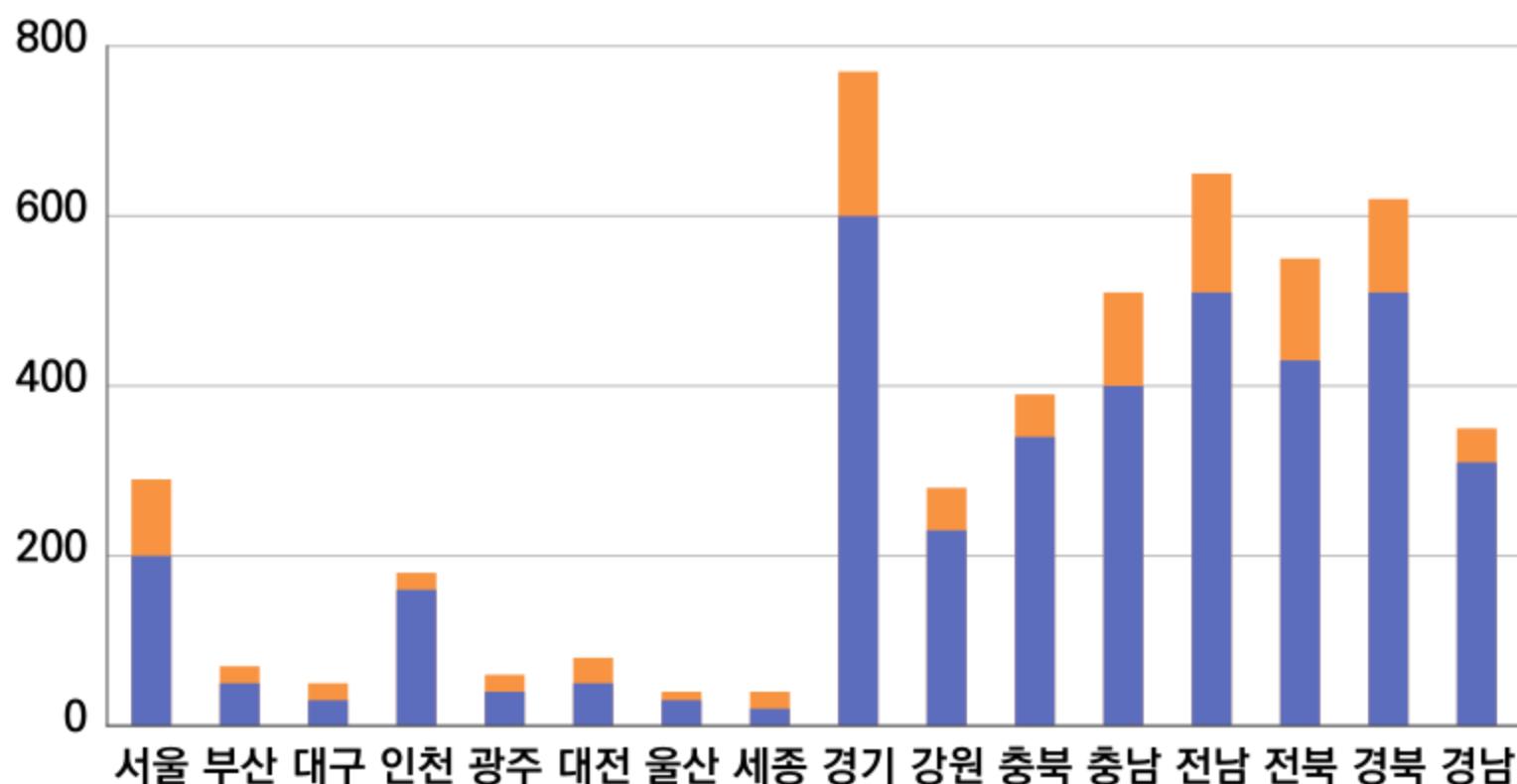
4-2 | 사업화 전략

국내 수요처 현황

HAI 아이템을 통해 양산된 제품은 B2G와 B2B 모두 가능하나,
먼저 **B2B 시장을 중심**으로 사업화를 진행할 계획임

국내 지하수 시공 및 영향조사업체 현황

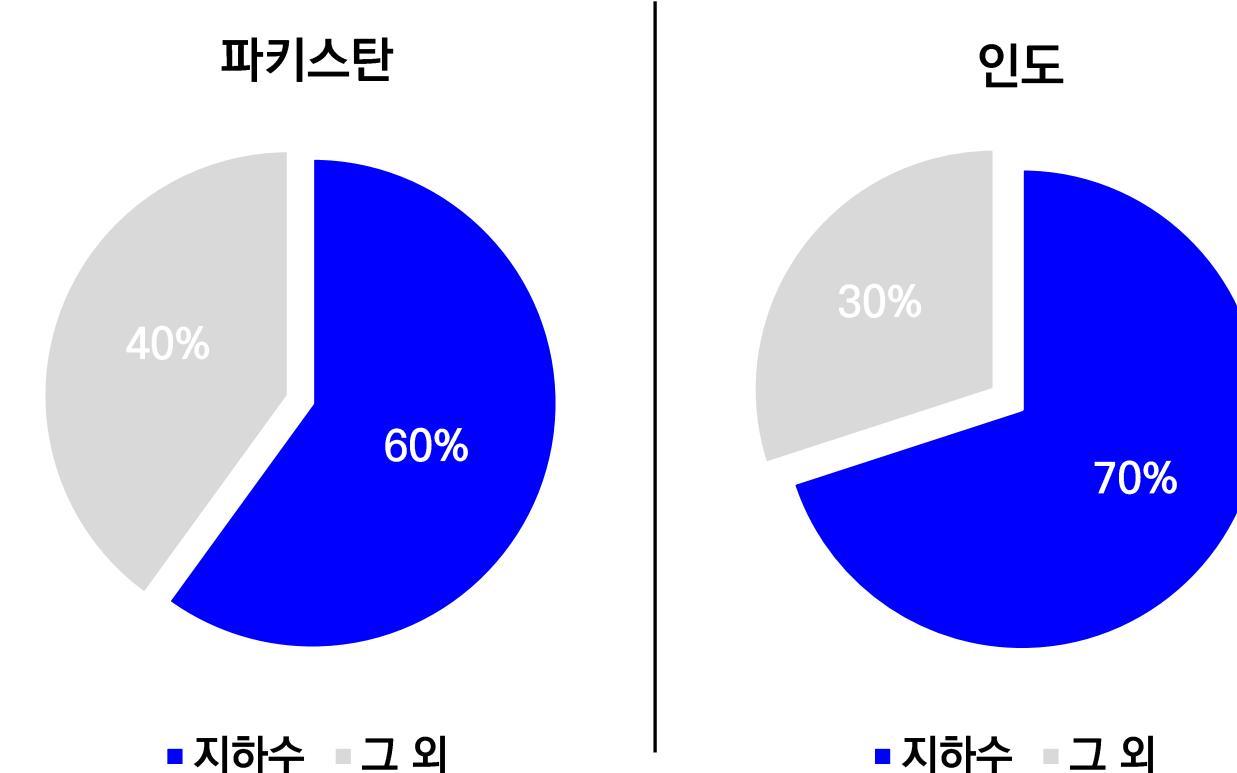
■ 시공업체 : 4015개소 ■ 조사업체 : 919개소



해외 수요처 현황

파키스탄과 인도는 **지하수에 크게 의존하는 국가**
특히, 인도는 지역의 **63% 지하수 수위 감소**를 겪고 있음
지하수에 대한 의존도가 높은 만큼 지하수 관리가 시급

국가별 전체 물사용량의지하수 의존도



출처 : SpringerLink 2023 Journal

사업화 전략

Choice 1



예측데이터
제공 시스템

예측된 데이터,
정제된 데이터를
유료로 이용자에게 제공

Choice 2



예측 소프트웨어
서비스 제공

예측 시스템을 이용자가
직접 이용할 수 있도록
유료 구독형 서비스 제공

Future 1



데이터 플랫폼
운영

추후 개발 내용으로
HAI에서
데이터 플랫폼 제작

Future 2



글로벌 진출

지하수 이용 비중이 높은 국가
인도, 파키스탄을 대상으로
지하수 수위 예측 솔루션 판매

4-4 | 사업화 전략

(단위 : 천 원)

소요자금			조달계획		
용도	내용	금액	조달방법	내용	금액
운전자금	빅데이터 서버 구축	120,000	자기자금	창립자 자금	20,000
	인공지능 서버 구축	100,000		금융차입	30,000
	플랫폼 서버 구축	80,000	기타	투자자금 및 창업지원	350,000
	운영비	100,000			
	소계	400,000	소계		400,000
시설자금			자기자금		
			금융차입		
			기타		
	소계		소계		
	합계	400,000	합계		400,000
소요자금 산출근거	<ul style="list-style-type: none"> - 대량의 지하수 데이터를 수집, 저장, 처리하기 위한 인프라 및 소프트웨어 구축 비용 - 지하수 수위 예측을 위한 인공지능 모델의 학습 및 운영을 지원하는 고성능 서버 구축 비용 - 사용자 인터페이스 및 데이터 시각화를 지원하는 플랫폼 서버 구축 비용 - 1년 프로젝트 기간 팀 운영비 				
조달계획 산출근거	창립자 자기자금, F/F 투자자금, V/C 투자자금, 중소벤처기업부 창업자금, TIPS 프로그램				

2024 창UP 아이디어 경진대회 왕중왕전

감사합니다

지하수 수위 사전 예측 시스템 개발

팀 이름 HAI_UW
팀원 고재욱, 김주현, 김호연, 박보경, 송경근
발표자 김호연
이메일 woorim31@naver.com
날짜 2024.12.12

