

Q 도로 위의 지뢰, **포트홀** X

도로 표면의 아스팔트가 파손되어 노면 일부가 움푹 패인 형태

<1~2월 포트홀 민원 건수>

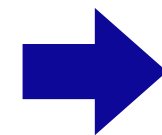
2024년 17,613건 **x 5.8** 2023년 3,042건

WHY?

강수량 ↑

연간 기온 변동폭 ↑

이상기후



포트홀 비선형적 증가

RESULT

보험금 지급액 증가 → 보험사 리스크 관리 필요

사후 관리 중심

도로 관리 주체의
영조물 배상책임보험 가입
→ 보험사의 보험금 심사
→ 보험금 지급

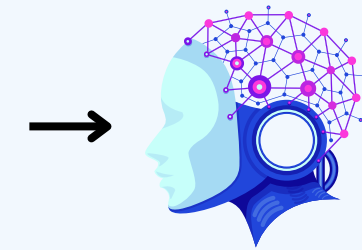


선제적 예측 중심

포트홀 발생 예측
→ new 리스크 산정 방식
→ 차등요율 적용
→ 예측 리포트 제공

포트홀 발생 예측 모델링

차선수, 인구수, 평균 건물연령,
경사도, 배수등급,
총교통량, 중대형차량 교통량,
트럭 교통량, 버스 교통량, 승용차 교통량



XGBoost

→ 포트홀 발생 여부

상세 코드는 보고서 부록 참고



기후 관련 변수(누적 강수량 등)이 예측에 활용되지 않는 이유?

- 극한 이상기후 현상에도 강건한 모델을 만들기 위함
- 도로 관리자가 실질적으로 개선/실행할 수 있는 관리 방안을 제시하기 위함

<모델 성능 지표>

FNR

17.43%

실제 포트홀이 존재하지만 탐지하지 못하는 비율
⇒ 포트홀을 탐지하지 못해 사고로 이어질 가능성이 낮은 편

ROI

338%

(절감액 - 추가비용) * 100 / 추가비용

절감액 : True Positive로 인한 사고 탐지 및 배상 비용 절감액.
7억 3천만 원 예상.

추가비용 : False Positive로 인한 불필요한 정비 비용.
1억 7천만 원 예상.

포트홀 배상 책임 리스크 : 현황 및 해결책

현행 영조물손해배상보험

- 도로 위치·종류별 위험도 차이 존재
- BUT! 시설물 유형, 규모 기준 **획일적인 요율**
- ➔ 도로별 위험도 차이를 반영하지 못함

SOLUTION

NEW 리스크 산정 방식 - 도로 단위

리스크 = 손실빈도 * 손실심도

- 손실빈도 : **예상 발생건수** * 배상 전환율
 - **예상 발생건수** : 예측모델로 산정
- 손실심도 : 평균 청구액
- ➔ 리스크 산정 시 **도로별 특성 반영**
 - 예시) 고속도로와 지자체 도로 비교

고속도로	지자체 도로
배상 전환율 ↑	배상 전환율 ↓
평균 청구액 ↓	평균 청구액 ↓

$$\text{리스크}(R_{\text{고속도로}i}) = \text{발생빈도}(\lambda_{\text{고속도로}i}) \times 0.7159(\pi_{\text{고속도로}}) \times 116(\mu_{\text{고속도로}})$$

$$\text{리스크}(R_{\text{지자체도로}j}) = \text{발생빈도}(\lambda_{\text{지자체도로}j}) \times 0.01(\pi_{\text{지자체도로}}) \times 79.4(\mu_{\text{지자체도로}})$$

리스크 관리방안 및 보험 상품 제안

1. 도로구간별 차등요율 적용

도로별 리스크 수준에 따라 **보험료 차등화**

- 시설물 유형, 규모 기준 → 도로별 위험도
- ➔ 관리기관 책임성 강화 및 도덕적 해이 방지

2. 위험관리 인센티브 제공

- 1) **포트홀 예측 리포트** 제공 : 모델 예측 해석 및 개선 방향 제시
 - 주요 변수 영향력 분석 (SHAP)
 - 개별 도로의 예측 결과 및 원인 분석
 - 위험 완화를 위한 개선 시나리오 제시 (DiCE)
 - 2) 리포트 기반 개선 조치 이행 → 보험료 할인 등 인센티브 제공
- ➔ 관리자 위험관리 유도, 보험사 - 관리기관 공동관리체계 구축, 장기적으로 포트홀 발생 및 사고율 ↓

3. 포트홀 위험정보 제공 서비스

- 1) 포트홀 고위험 도로 구간 실시간 정보 제공
- ➔ 운전자의 사전적 대응 유도, 보험사의 신뢰도 및 마케팅 경쟁력 ↑

분석 목표

- 기후 특성 변수가 포트홀 발생에 미치는 정량적 영향력 확인
- 이상기후 시나리오에 따른 포트홀 발생 양상의 변화 분석

결과

변수	계수	오즈비	p-value
누적 강수량	0.749	2.115	<0.0001
연간 기온 변동폭	3.346	28.380	<0.0001

- 누적 강수량이 증가할 때 포트홀 발생 확률은 **약 2배 상승**
- 연간 기온 변동폭이 증가할 때 포트홀 발생 확률은 **약 28배 상승**
- 평균 습도, 일일 기온 변동폭은 유의미한 영향력이 확인되지 않음

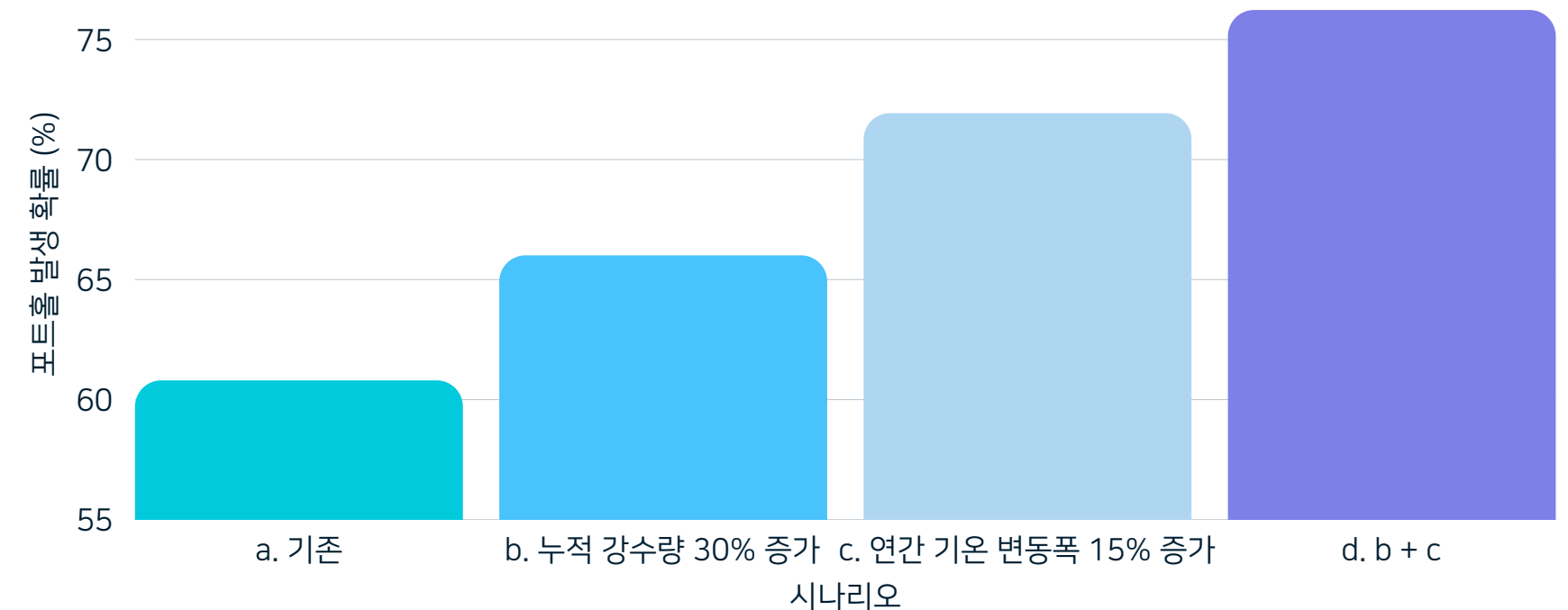
분석 과정

누적 강수량, 평균 습도, 연간 기온 변동폭, 일일 기온 변동폭

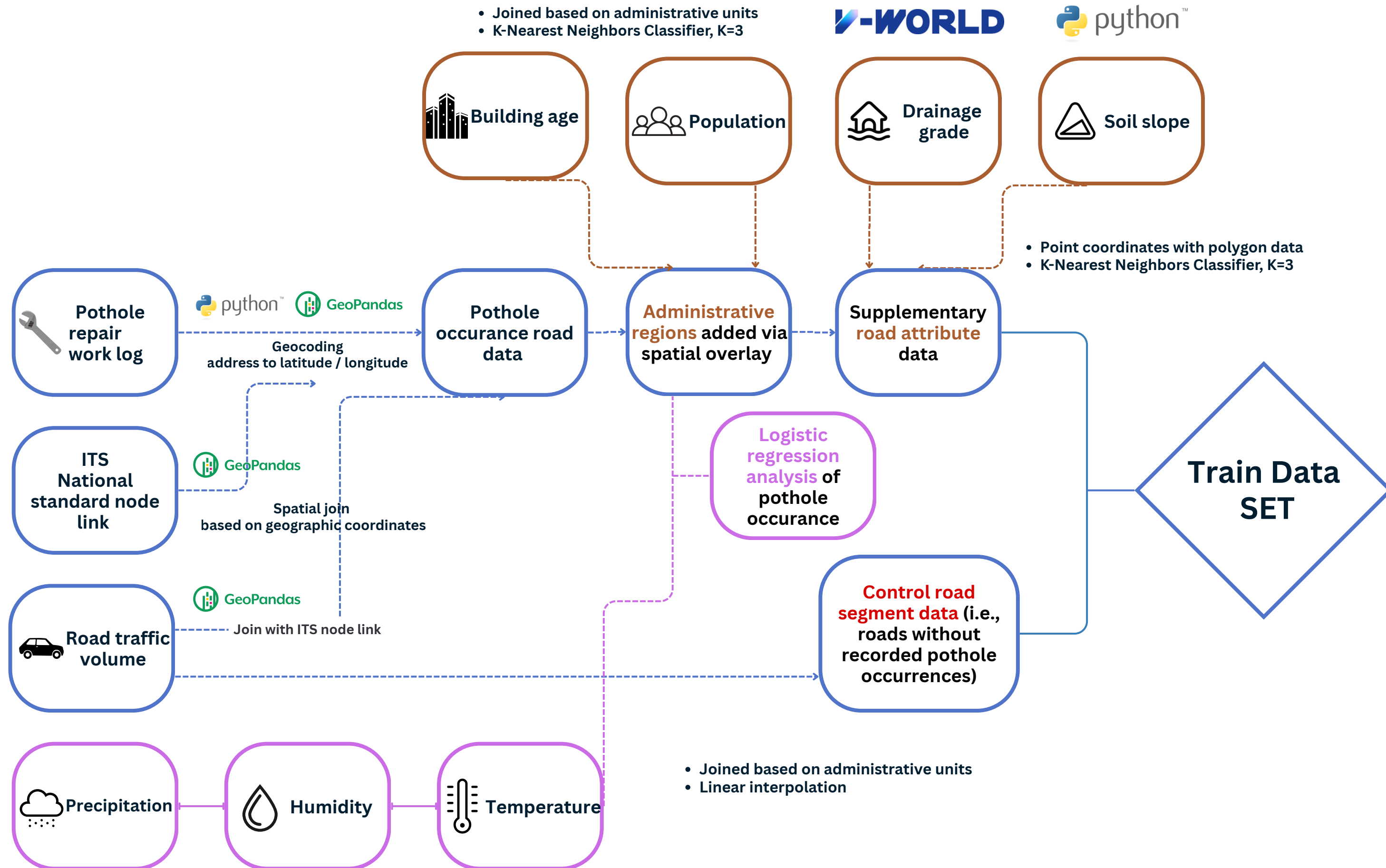


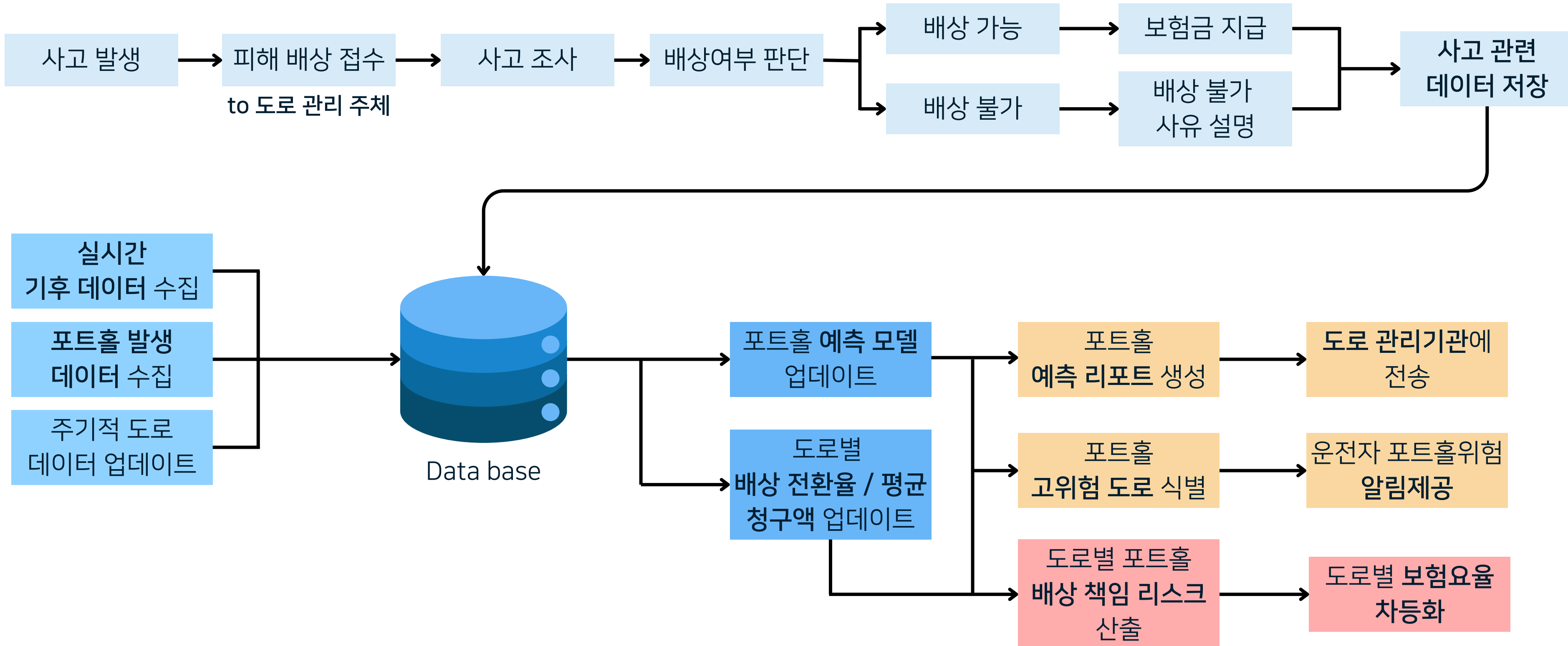
로지스틱 회귀 분석

포트홀 발생 여부



- 누적 강수량이 30% 증가하면 포트홀 발생 확률은 66.01%로 증가
- 연간 기온 변동폭이 15% 증가하면 포트홀 발생 확률은 71.93%로 증가
- 누적 강수량 30% 증가, 연간 기온 변동폭 15% 증가가 동시에 발생하면, 포트홀 발생 확률은 76.23%로 증가
- 이상기후는 포트홀 발생을 **비선형적으로 증가**시킨다.

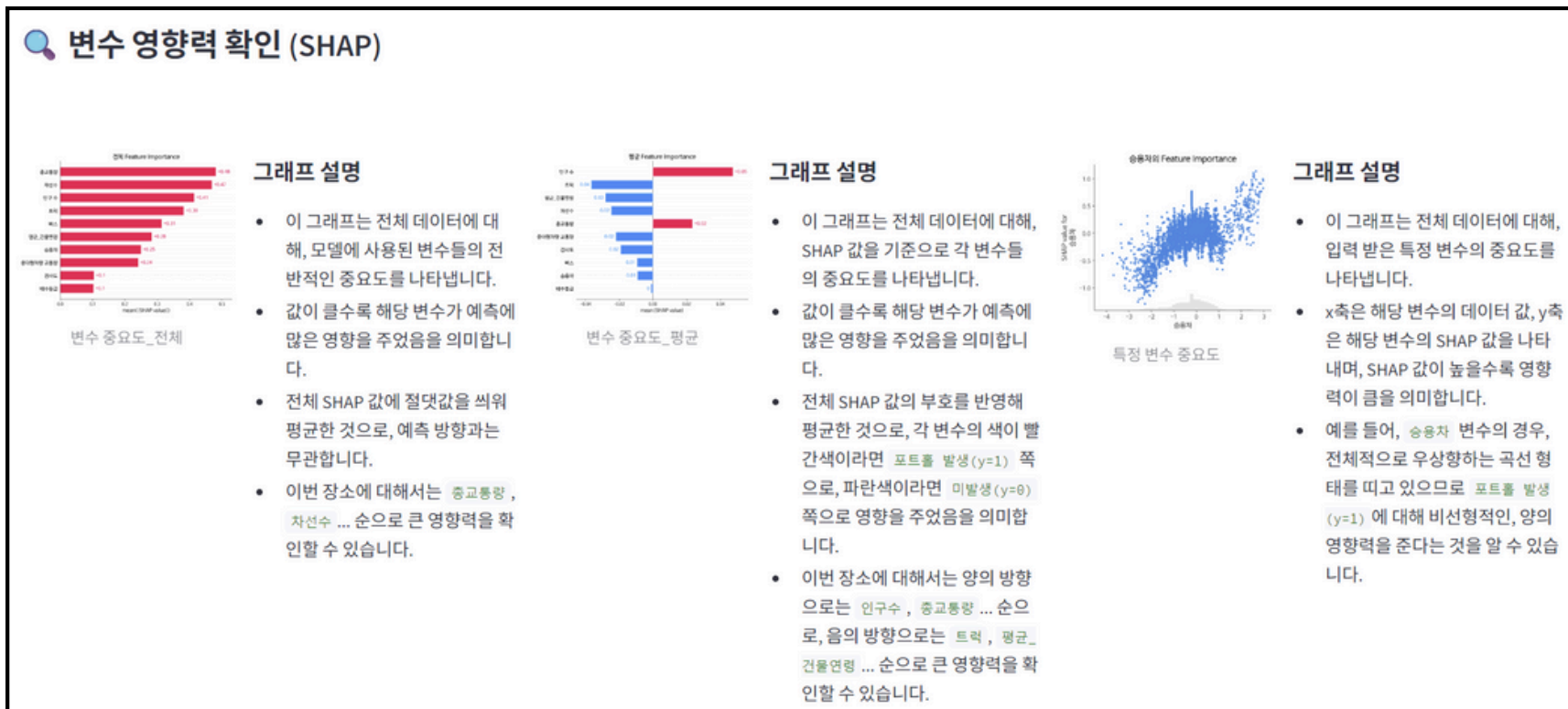




1) 변수 영향력 확인 (SHAP)

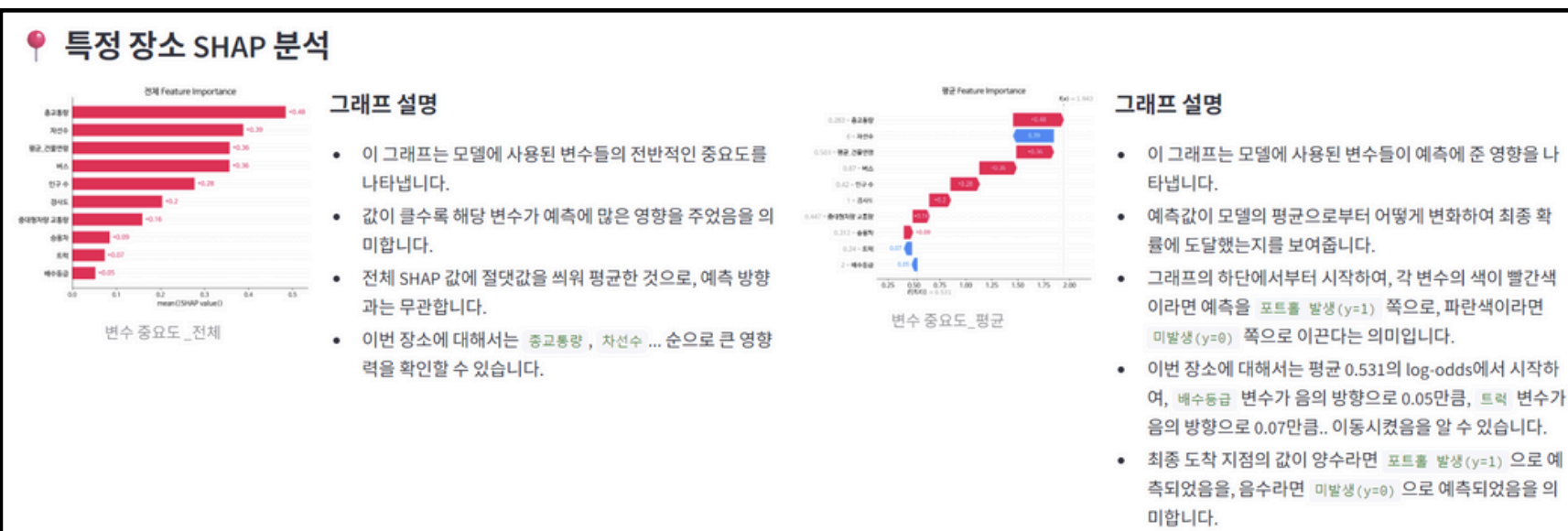
- 대상 : 모델 구축 시 사용한 데이터

- ① 절댓값 기준 변수 중요도 ② 방향성 포함 변수 기여도 ③ 변수값 변화에 따른 예측 영향도



- 대상 : 유저가 확인하고자 하는 장소

- ① 방향성 포함 변수 기여도 ② 누적 구조 기반 예측 기여도



2) 특정 날짜/장소 결과 확인

모델 예측 결과 (발생 여부, 예측 확률)

주소

예: 서울시 서초구 ...

날짜

예: 2025/06/12

Enter

모델 예측 결과

	발생일	주소	위도	경도	자치구	행정동	도로명	차선수	승용차	버스	트럭	총교통량	중대형차량 교통량	평균_건물연령	배수등급	경사도	인구
0	2024-06-12	서초구 서초동 1377	37.497	127.0246	서초구	서초동	서초대로	6	24245	1329	1788	27362	0.1139	29.9613	약간불량	2-7%	169
1	2024-07-28	서울특별시 강남구 대치동 507	37.4934	127.0619	강남구	대치동	남부순환로	4	26817	1147	2447	30411	0.1182	28.7956	양호	0-2%	237
2	2023-06-23	서울특별시 서초구 방배동 756-4	37.4972	126.9862	서초구	방배동	방배중앙로	2	4804	132	749	5685	0.155	31.1102	약간불량	2-7%	169
3	2021-10-29	서울특별시 용산구 동빙고동 90-1	37.5216	126.9973	용산구	동빙고동	서빙고로	2	9406	632	2158	12196	0.2288	40.1927	약간양호	2-7%	108
4	2024-01-05	서울특별시 동대문구 제기동 137-418	37.5891	127.0357	동대문구	제기동	인암로	4	13747	1174	1755	16676	0.1756	44.2116	매우양호	15-30%	171
5	2022-04-29	서울특별시 성북구 보문동5가 235	37.5809	127.021	성북구	보문동5가	보문로	4	11165	617	2310	14092	0.2077	34.193	약간불량	2-7%	197

	날짜	주소	예측	예측 확률	
0	2024-06-12	서울특별시 서초구 서초동 1377		1	0.8746
1	2024-07-28	서울특별시 강남구 대치동 507		1	0.6284
2	2023-06-23	서울특별시 서초구 방배동 756-4		0	0.1363
3	2021-10-29	서울특별시 용산구 동빙고동 90-1		0	0.1145
4	2024-01-05	서울특별시 동대문구 제기동 137-418		1	0.7979
5	2022-04-29	서울특별시 성북구 보문동5가 235		0	0.3973

3) 개선 방향 제시 (DiCE)

‘포트홀 발생’ → ‘포트홀 미발생’으로 예측 결과 바꾸기 위한 변수 값 조정 방향 및 수준 제시

개선 방향 제시 (DiCE)

	차선수	승용차	버스	트럭	총교통량	중대형차량 교통량	평균_건물연령	인구 수	배수등급	경사도	발생여부
0	6	20131	743	2456	23330	0.1371	29.9613	169016.6465	약간불량	2-7%	1

	차선수	승용차	버스	트럭	총교통량	중대형차량 교통량	평균_건물연령	인구 수	배수등급	경사도	발생여부
0	6	20524.538	484.8319	2456	31567.3404	0.1061	29.9613	169016.6471	약간불량	2-7%	0
1	6	20131	495.8707	2250.0909	33690.1235	0.1191	29.9613	169016.6471	약간불량	2-7%	0
2	6	19206.2735	743	2254.5377	32253.8997	0.1098	29.9613	169016.6471	약간불량	2-7%	0
3	6	20131	555.4968	3486.3462	30415.4814	0.1089	29.9613	169016.6471	약간불량	2-7%	0
4	6	19206.2735	740.8015	2254.5377	32253.8997	0.1098	29.9613	169016.6471	약간불량	2-7%	0

기업 안전 연구소 컨설팅

컨설팅 대상 및 범위 확대

건설현장, 사업장 대상 홍수 컨설팅

도로 대상 포트홀 예측 & 컨설팅



기후 변화에도 대비하는 선제적인
Solution Provider로서 아이덴티티 강화

< 기존 컨설팅 기반 활용 가능성 >

• 데이터 측면

기존 홍수 컨설팅에서 활용 중인 지역 강우량, 지형, 배수 시스템 등의 데이터는 포트홀 예측에 필요한 데이터셋과 상당 부분 일치

• 운영 역량 측면

고객사의 리스크를 분석하고 비용 효율적인 리스크 관리 플랜을 제시해 온 기존 컨설팅 경험은 포트홀 리스크 컨설팅에도 그대로 확장 적용 가능

➡ 기존의 인력, 분석 역량, 인프라 모두 활용 가능

Car케어 서비스

포트홀 관련 메뉴 추가

점검, 수리 등 차량 관리 &
주차, 세차 등 제휴 서비스

포트홀 고위험 구간 실시간 알림 제공 &
자주 지나는 도로 포트홀 진단 서비스



- 1) 종합 차량 관리 플랫폼으로서의
브랜드 이미지 제고
- 2) 모빌리티 혁신을 선도하는
보험사로서의 포지셔닝 강화

Samsung Re

아시아 시장 확장

동남아시아 등 집중호우로
포트홀 리스크 높은 지역 다수 존재 &
싱가포르 거점 기반으로 아시아 각국
보험사와의 협업 및 재보험 상품 설계
용이

포트홀 예측 시스템을 재보험 상품 설계에
포함 → 차별화된 리스크 관리 역량 확보



- 1) 아시아 시장 자동차 보험 공략에 기여
- 2) 국제적 문제인 이상 기후로 인해 발생하는
재보험 리스크 감소