증거자료 3 — 실측 데이터 기반 예측 성능 검증 및 정합성 확인

2026. 7. 18. ~ 7. 21. 임진강 필승교(관측소 1021650) 10분 간격 576건 전수 분석 · 경기도 상황보고 대조
2026 전국민 AI 경진대회 · [제출분야] ④ 업무 생산성

> **데이터 출처 :** HRFCO(한국수자원조사기술원) 하천수위 OpenAPI — api.hrfco.go.kr/waterlevel/list/10M/1021650/202607180000/202607212359.json
> **수집 범위 :** 2026-07-18 00:00 ~ 2026-07-21 23:50 (KST) · 10분 간격 · **576건 전량**
> **대조 자료 :** 경기도 자연재난과 「7.20~21일 호우 대처 상황보고(7.21 22시 기준)」
> **재현 가능성 :** 제3자가 동일 공공 API로 같은 구간을 조회하면 동일 값이 나옵니다. 본 문서의 모든 수위·유량은 원본 시계열 그대로입니다.

1. 데이터 수집 결과 — 결측 0건

576	0	0	100%
수집 건수	결측	중복	격자 충족률

4일 × 144칸 = **576칸**에 대해 수신 데이터를 대조한 결과, 빈 칸 0개 · 중복 0개로 전 구간이 채워졌습니다. 백테스트 모집단이 표본이 아니라 **전수**임을 의미합니다.

2. 원본 관측값 핵심 요약

항목	실측값	비고
기간 최고수위	**10.24 m** — 07-21 17:50	유량 9,439.64 ㎥/s
기간 최저수위	0.66 m — 07-18 00:20	평시
7/20 00:00	0.86 m	평시
7/20 일 최고	0.92 m — 07-20 23:50	상승 전환 시점
7/21 일 최고	**10.24 m** — 07-21 17:50	급상승
위험수위(7.50 m) 최초 초과	**07-21 11:20 (7.69 m)**	11:10 7.40 m → 11:20 7.69 m
위험수위 초과 지속	**76건 / 약 12시간 30분**	11:20 ~ 23:50
위험수위 도달 → 최고수위	약 6시간 30분	11:20 → 17:50
상황보고 기록 수위(22시)	**9.42 m — 07-21 22:00 (원본 일치)**	유량 8,215.0 ㎥/s

일별 최고수위 추이

일자	최고수위	발생시각	구간 성격
7/18 (토)	1.37 m	18:30	강수 시작, 평시 범위
7/19 (일)	1.20 m	00:00	평시 유지
7/20 (월)	0.92 m	23:50	평시 → 상승 전환
7/21 (화)	**10.24 m**	**17:50**	**급상승 · 위험수위 초과**

3. 결정적 구간 — 10분 간격 원본값

위험수위 통과 전후를 가감 없이 그대로 수록했습니다. 유량도 HRFCO 원본값입니다.

관측시각	수위 (m)	유량 (㎥/s)	판정
07-21 03:20	2.08	916.3	상승 시작
07-21 09:10	4.65	2,733.5	3시간 예측 7.50 m 도달 판정

07-21 10:00	5.71	3,706.3	급상승
07-21 10:20	6.25	4,256.3	1시간 예측 경보 판단
07-21 11:00	7.23	5,347.4	위험수위 0.27 m 전
07-21 11:10	7.40	5,548.9	경기도 예찰강화 요청(11:09) 시점의 수위
07-21 11:20	**7.69**	5,900.8	**위험수위 7.50 m 초과 기록**
07-21 17:50	**10.24**	9,439.6	**기간 최고수위**
07-21 22:00	9.42	8,215.0	**상황보고 기록(9.42 m)과 일치**
07-21 23:50	8.71	7,220.8	하강 (기간 종료)

※ 7.50 m 기준선은 11:10(7.40 m)과 11:20(7.69 m) 사이에서 통과했습니다. 11:20의 원본 기록값은 **7.69 m**이며, 7.50 m로 표기하면 원본 대조 시 불일치가 발생합니다.

4. 1시간 / 3시간 예측 오차 (전수 백테스트)

측정 방법 — 각 시점 t에서 직전 30분 상승률(m/h)을 산출하고, 그 추세가 유지된다고 가정해 t+60분 · t+180분 수위를 예측한 뒤 실제 관측값과의 절대오차를 전 구간 평균했습니다(추세 지속 외삽).

구분	유효 표본	MAE	MAPE
1시간 예측 오차 (전 구간)	567건	**0.061 m**	2.46 %
1시간 예측 오차 (7/21 상승 구간)	138건	**0.185 m**	3.56 %
3시간 예측 오차 (전 구간)	552건	**0.265 m**	8.11 %
1시간 예측 오차 (60분 창 기준)	564건	0.063 m	2.30 %
1시간 예측 오차 (120분 창 기준)	558건	0.074 m	2.56 %

※ MAE = |예측값 − 실측값|의 전 구간 평균. MAPE = 평균 절대백분율 오차.
※ **상승 구간만 따로 산출한 이유** : 급상승·급하강 변곡점에서는 추세 외삽 오차가 구조적으로 커집니다. 전체 0.061 m만 제시하면 실제보다 좋아 보일 수 있어 **가장 불리한 구간의 값(0.185 m)을 함께 공개**했습니다. 재난 알림에서는 이 값이 판단의 실제 기준이 됩니다.

5. 예측 선행시간 — 추세 데이터의 조기 판단 기여

현재 수위값만 확인하는 방식과 달리, 상승 추세를 수치로 자동 산출하면 **위험수위 도달 이전에** 상황판단 자료를 얻을 수 있습니다. 아래는 **실제 위험수위 초과 시각(7/21 11:20) 이전에** 시스템이 위험 신호를 산출한 시점들입니다.

판정 기준	최초 포착	당시 수위	당시 상승세	실제 도달 대비
1시간 예측이 7.50 m 도달 투영	**7/21 10:20**	6.25 m	+1.54 m/h	**60분 선행**
3시간 예측이 7.50 m 도달 투영	**7/21 09:10**	4.65 m	+1.00 m/h	**130분 선행**
상승세 1.0 m/h 지속 감지	7/21 09:10	4.65 m	+1.00 m/h	130분 선행
상승세 0.5 m/h 지속 감지	7/21 02:00	1.58 m	+0.52 m/h	560분 선행
상승세 0.3 m/h 지속 감지	**7/21 01:20**	**1.27 m**	+0.36 m/h	**600분(10시간) 선행**

핵심 의미 — 추세의 조기 포착
7/21 **01:20, 수위 1.27 m** 시점에 이미 상승세 0.3 m/h가 지속 조건을 충족했습니다. 이때 수위는 평시 범위였습니다. 그로부터 약 **10시간 뒤**인 11:20에 위험수위(7.50 m)를 넘었습니다.

같은 날 경기도는 7.20 23:12 **선제적 대응 요청**, 7.21 03:59 **방류 추정 정보 공유**, 11:09 **예찰 강화·경고방송**, 17:55 **대피준비 철저 요청**까지 단계별 조치를 이어갔습니다. **사전 예고가 없는 북측 방류 상황에서 상황보고 원문에 기록된 대응은 모두 적시에 이루어졌습니다.**

본 시스템이 보완하는 지점은 판단의 속도가 아니라 **추세를 반복 확인하는 업무의 자동화**입니다. 현재 수위를 눈으로 읽는 방식에서는 "아직 평시"와 "이미 10시간째 상승 중"이 같은 값으로 보이지만, 상승률을 수치로 산출하면 두 상황이 구분됩니다. 담당자가 야간에 그 추세를 계속 확인하지 않아도, 시스템이 상승 추세를 감지해 판단 자료를 먼저 보내줍니다.

6. 7/21 상황보고 기록과 실측 수위 대조

좌측은 경기도 「7.20~21일 호우 대처 상황보고(7.21 22시 기준)」 원문 기록, 우측은 같은 시점의 필승교 실측 수위(HRFCO 원본)입니다.

시각	경기도 기록 (원문)	필승교 실측 수위
7.20 17:46	26개 시·군 호우 예비특보 발표, 선제적 재대본 운영 요청	평시 (1 m 미만)
7.20 20:00	(道) 비상1단계 가동	평시 유지
7.20 23:12	황강댐 방류 추정에 따른 선제적 대응 요청(연천·파주)	평시 (1 m 미만)
7.21 01:20	—	1.27 m · 상승세 0.3 m/h 지속 감지

7.21 03:20	—	2.08 m · 상승 진행
7.21 03:59	황강댐 방류 추정 정보 공유 및 안전관리 철저 요청	2.28 m · 상승 진행
7.21 09:10	—	4.65 m · 3시간 예측 7.50 m 도달 판정
7.21 10:20	—	6.25 m · 1시간 예측 경보 판단
7.21 11:09	필승교 수위 상승에 따른 예찰 강화, 경고방송 송출	7.40 m (11:10)
7.21 11:20	—	**7.69 m — 위험수위 최초 초과**
7.21 15:28	연천(임진교) 홍수경보 발령	경보 구간 (9.9 m 전후)
7.21 15:37	파주(비룡대교) 홍수주의보 발령	경보 구간 유지
7.21 17:50	—	**최고수위 10.24 m**
7.21 17:55	연천·파주 필승교 수위 상승에 따른 대피준비 철저 요청(유선)	10.1 m대 · 최고수위 직후
7.21 22:00	**《필승교》 9.42 m (현재)**	**9.42 m — 원본 완전 일치**

※ 경기도 기록의 "—"는 해당 시각에 별도 조치 기록이 없다는 뜻이며, 조치가 없었다는 의미가 아닙니다.

7. 상황보고 ↔ 원본 수위 정합성 검증

> **검증 방식 :** 문서에 시각이 명시된 수위는 해당 시각 원본값과, 시각이 없는 수위는 원본에서 해당 값이 나타난 시각을 역추적하여 대조했습니다.

대조 항목	상황보고 기재	HRFCO 원본	판정	비고
현재 수위 (22시 기준)	**9.42 m**	**9.42 m** (07-21 22:00)	**일치**	유량 8,215.0 ㎥/s
최고수위	10.24 m (17:50)	**10.24 m** (07-21 17:50)	**일치**	유량 9,439.6 ㎥/s
위험수위(7.5 m) 초과	11:20 최초 초과	11:20 = **7.69 m**	**일치**	11:10 7.40 m → 11:20 7.69 m
최고수위 발생 시각	17:50	17:50	**일치**	—
평시 기준수위	1.0 m (행락객 대피)	기준수위 1.00 m	**일치**	HRFCO 관측소 제원

시각 미기재 수위의 역추적

상황보고 서술	원본 대응 시각	원본 수위	해석
"연천군 필승교 수위 1m 이상, 대피 안내"(00:23 안내문자)	07-21 00:20	1.02 m	안내문자 발송 시점과 수위 도달이 부합
"필승교 수위 상승에 따른 예찰 강화"(11:09)	07-21 11:10	7.40 m	위험수위 0.10 m 전 수위 (조치는 적시에 이루어짐)
대피준비 철저 요청(17:55)	07-21 17:50~18:00	10.24 → 10.16 m	최고수위 직후 통보

① 본 제출물의 수치는 공식 문서와 어긋나지 않습니다.
본 제출물이 인용한 핵심 수치(9.42 m, 10.24 m, 11:20 최초 초과)는 모두 경기도 상황보고 기재값과 HRFCO 원본값이 동시에 일치합니다. 즉 제출물의 데이터 인용에 오류가 없습니다.

② 추세 자동화가 보완하는 지점이 수치로 확인됩니다.
경기도가 "필승교 수위 상승에 따른 예찰 강화"를 요청한 11:09의 원본 수위는 7.40 m(11:10)였습니다. 이는 상황 변화를 정확히 포착한 적시 조치였습니다. 한편 원본 시계열은 01:20(1.27 m)부터 상승세 0.3 m/h 지속 조건을 충족하고 있었습니다. 즉 당시 수위만으로는 "평시"로 보였으나, 상승률을 수치로 산출하면 그 시점에 이미 추세가 서 있었다는 뜻입니다.

③ 이 대조표가 본 사례의 문제 정의를 뒷받침합니다.
"사전 예고가 없는 북측 방류"라도, 방류가 시작된 뒤의 수위 추세는 실시간으로 관측 가능합니다. 본 시스템은 그 추세를 반복해서 사람이 확인해야 하는 업무를 자동화합니다.

8. 오탐(false alarm) 검증

검증 항목	결과	의미
7.50 m 초과 이전 경보 등급 발송	**0건**	위험수위 미달 상태에서 경보를 띄우지 않음
3시간 투영 경보 발동 횟수	13회	전부 실제 3시간 내 7.50 m 초과
3시간 내 미도달 오탐	**0건**	헛경보 없음

재난 알림에서 가장 위험한 실패는 "안 알려주는 것"만이 아니라 **"잘못 깨워서 신뢰를 잃는 것"**입니다. 본 시스템은 등급 판정에 ①2회 연속 확인(단발 스파이크 배제) ②상승세 지속 조건 ③가속도 부호 검증을 적용해 순간 노이즈와 실제 홍수파를 구분합니다.

9. EAP 단계 정합성

본 시스템의 4단계 기준은 임의 수치가 아니라, 경기도 「7.20~21일 호우 대처 상황보고」의 필승교 현장 대응 체계와 **같은 좌표**를 사용합니다.

구분	수위	현장 대응 (EAP)	시스템 단계

평시	1.0 m	행락객 대피	관심(0.7 m) ~ 주의(1.0 m)
1차	7.5 m	시설물 점검	경보
2차	12 m	주민대피 준비	심각
3차	—	군남댐 월류 예상 (주민대피)	심각 + 급상승 등급 상향
4차	EL 45.0 m	군남댐 월류	최고 단계

HRFCO 제공 기준수위 (관측소 1021650)

구분	기준수위	구분	기준수위
관심	0.70 m	심각	12.00 m
주의	1.00 m	계획홍수위	12.39 m
경보	7.50 m	—	—

10. 재현 절차 및 산출 산식 (제3자 검증용)

재현 3단계
① 한강홍수통제소 오픈API 인증키 발급(무료) → ② 아래 URL 호출 → ③ 수위(wl)·유량(fw)으로 예측 오차·선행시간 산출
`GET https://api.hrfco.go.kr/{인증키}/waterlevel/list/10M/1021650/202607180000/202607212359.json`
※ 인증키는 발급자별 값이므로 본 문서에는 기재하지 않습니다. 응답 필드 : wlobscd(관측소), ymdhm(관측시각), wl(수위 m), fw(유량 ㎥/s)

지표	산식
상승세 (m/h)	(현재 수위 − 30분 전 수위) ÷ 0.5
1시간 예측값	현재 수위 + 상승세 × 1
3시간 예측값	현재 수위 + 상승세 × 3
MAE	전 시점 |예측값 − 1시간(3시간) 후 실측값| 의 평균
MAPE	전 시점 |예측값 − 실측값| ÷ 실측값 × 100 의 평균
선행시간	예측값이 7.50 m를 처음 넘는 시점 ~ 실제 7.50 m 초과 시점(7/21 11:20)

운영 실적

항목	내용
운영 방식	10분 주기 자동 수집 · 24시간 무중단
검증 구간 수집	2026-07-18 ~ 07-21, 576건 전량 (결측 0 · 중복 0)
홍수기 운용 실적	2026-07-24 10:20 수위 4.44 m 주의단계 · 누적 읽기 354건
현재 운용 상태	2026-10-12 데몬 재가동(PID 12700) 이후 상시 감시 중 · 누적 읽기 169건
알림 채널	Telegram Bot API → 담당자 모바일 직접 전송

11. 결론

① 2026년 7월 18~21일 필승교 수위 **576건을 결측·중복 없이 전수 수집**했습니다.
② 1시간 예측 오차는 **MAE 0.061 m(MAPE 2.46%)**, 급상승 구간만 보면 **0.185 m**입니다.
③ 위험수위 초과 **60분 전**에 경보 판단 자료를, **600분(10시간) 전**에 상승 추세 신호를 산출했습니다.
④ 7.50 m 미달 오탐은 **0건**입니다.
⑤ 시스템 4단계 기준은 **연천·파주 EAP 현장 대응 체계와 동일 좌표**를 씁니다.
⑥ 본 문서의 수위는 모두 HRFCO 원본값이며, 경기도 상황보고의 **9.42 m(22시)**와 일치합니다.

※ 모든 수치는 HRFCO 공공데이터 OpenAPI 원본 관측값과 경기도 공식 문서 기재값이며, 개인정보는 포함하지 않습니다.
※ 제3자 재검증 경로 : api.hrfco.go.kr (필승교 관측소 1021650, 2026-07-18 00:00 ~ 2026-07-21 23:59, 10분 간격).
※ 관측소 1021650(연천군 필승교) · 데이터 제공 : 기후에너지환경부 / 한국수자원조사기술원
※ 작성 : 2026 전국민 AI 경진대회 제출자 · 분석 도구 : OpenClaw(오픈클로)