

I n d u s t r y 4 . 0

스마트 물 관리를 위한 빅데이터 분석활용 기술

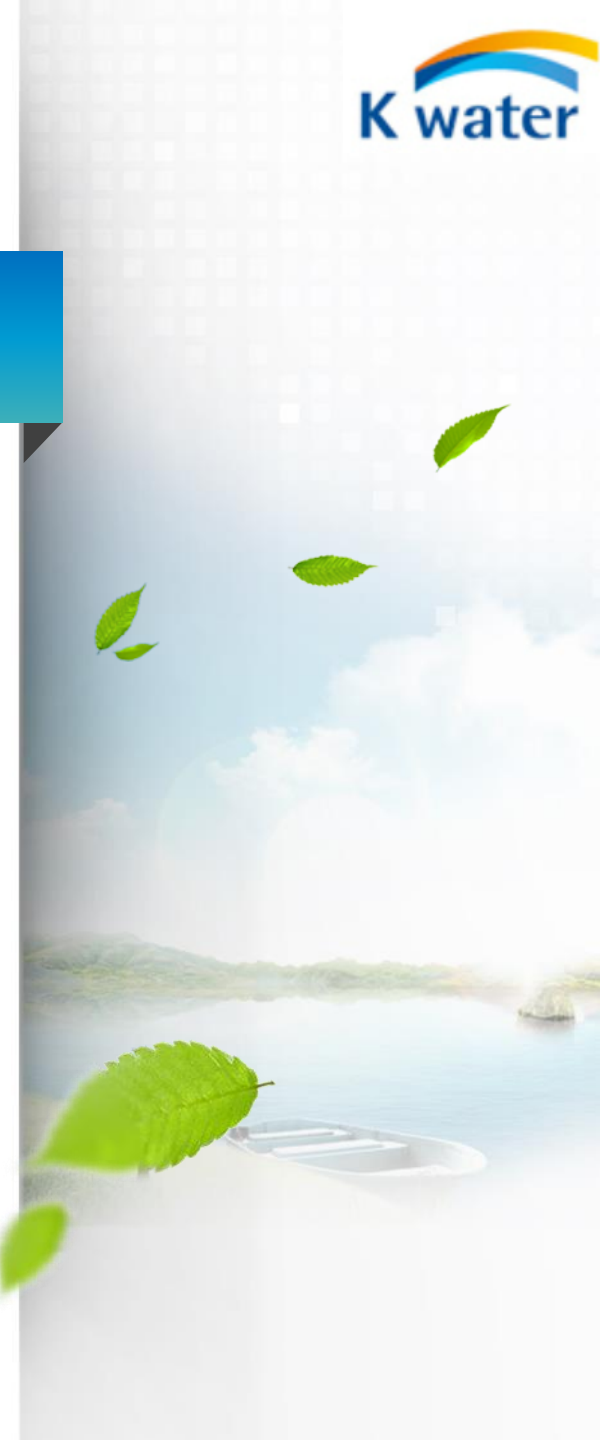
K-water 연구원
이호현

CONTENTS

01 물 관리와 인공지능

02 정수처리공정 활용

03 취송수공정 활용



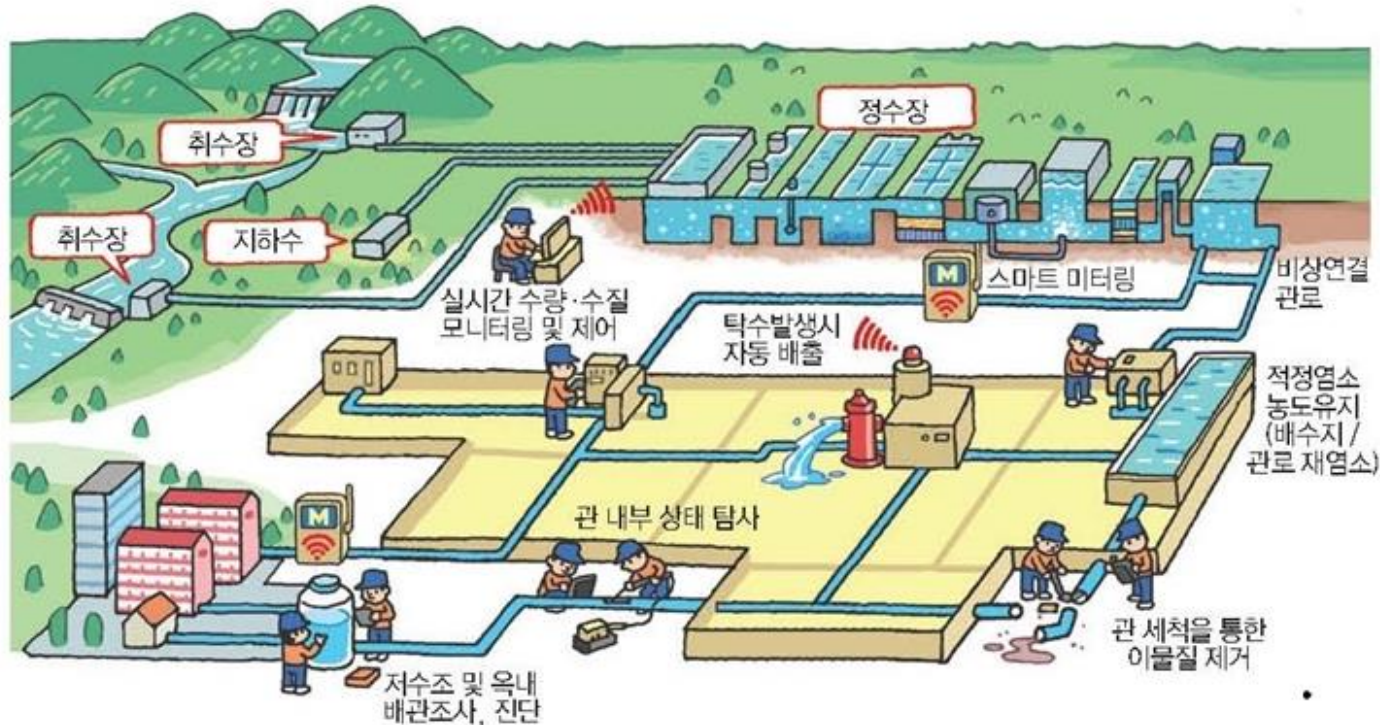
1. 물 관리와 인공지능



1. 물 관리와 인공지능

■ AI 활용 스마트 물관리

- SWM(Smart Water Mgmt)는 취수원에서 수도꼭지까지 공급 전 과정에 ICT를 접목, 수량과 수질을 과학적 관리하여 소비자가 믿고 마실수 있는 건강한 물 공급 체계 실현



안전한 취수원 관리

건강한 수돗물 생산

절저한 수돗물 공급과정 관리

소비자 중심 서비스 제공

1. 물 관리와 인공지능

■ 운영현황

- 운영인원 : 2명
- 운영방식 : SCADA 시스템을 이용한 중앙 집중
- 관리 포인트 : 약 10,000개 / 정수장



1. 물 관리와 인공지능

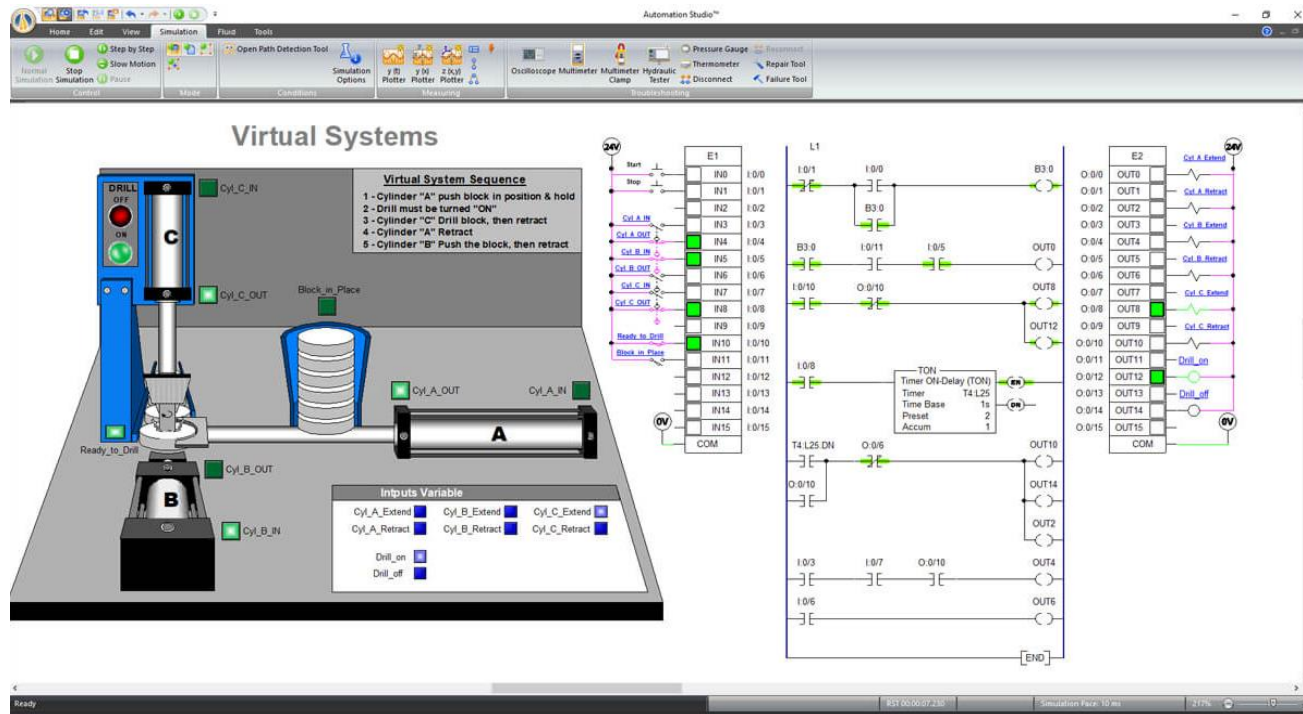
■ 기존 제어방식

- 제어방식 : 시퀀스 로직(On-Off, Timer 등)
- 구현방식 : PLC 래더로직 활용

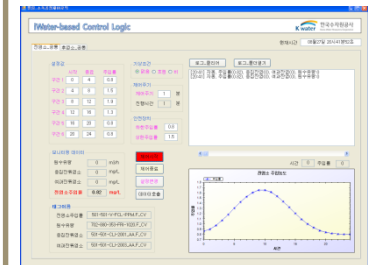
알고리즘 고도화

Date	TB	pH	TE	Cond	Alk	Dose
2008.1.1	3.6	7.9	9.5	207.0	82.8	13.4
2008.1.1	3.8	7.9	9.6	207.0	82.6	14.0
2008.1.1	3.9	8.0	9.4	206.8	82.5	14.0
2008.1.1	3.9	8.0	9.3	206.4	82.7	14.2
2008.1.1	4.1	7.9	9.7	207.2	82.6	14.2
2008.1.1	3.6	7.9	9.5	207.0	83.4	14.2
2008.1.1	4.1	7.9	9.7	207.2	82.7	14.2
2008.1.1	4.1	7.9	9.7	207.1	82.7	14.3
2008.1.1	4.0	7.9	9.7	207.0	82.7	14.3
2008.1.1	3.6	7.9	9.5	207.0	82.7	14.3
2008.1.1	4.2	7.9	9.7	207.3	82.9	14.3
2008.1.1	3.6	8.2	9.1	206.2	83.4	14.3
2008.1.1	3.6	8.1	9.3	206.3	83.0	14.4
2008.1.1	3.7	8.1	9.3	206.3	83.5	14.4
2008.1.1	4.4	8.0	9.7	207.5	83.0	14.5
2008.1.1	3.6	8.2	8.9	206.8	82.9	14.6
2008.1.1	4.4	8.0	9.6	207.6	83.0	14.6
2008.1.1	3.8	8.1	9.3	206.3	82.5	14.7

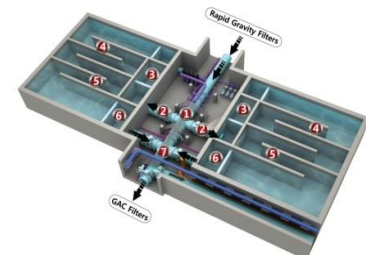
시퀀스 로직



[약품 : 통계방정식]



[소독공정 : Fuzzy]



[오존 : 다지점연산식]

1. 물 관리와 인공지능

■ 알고리즘 발전과정

음성인식SCADA
(2018~)

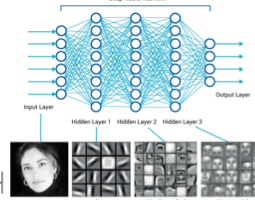
2010

STEP .01

Deep Learning

01

힌튼 교수 제안
정형, 비정형 데이터의 처리
병렬처리 기술개발, 복잡한 신경망 구조, 신경망 구조의 재해



수질/수량예측
(2010~)

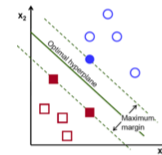
2005

STEP .02

SVM

02

수학적 모델 기반 예측
복잡한 신경망 구조



약품, 누수, 수질예측
(2008~)

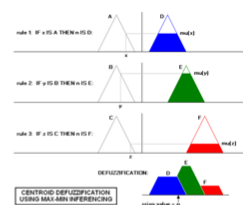
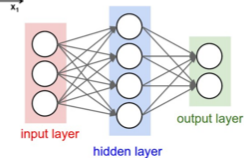
2000

STEP .03

Neural Net(신경망)

03

신경망 최초 개발
신경망 압축기
Blackbox Theory.



소독공정
(2012)

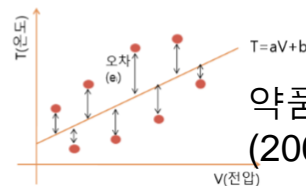
1990

STEP .04

퍼지

04

Sugeno Takagi Kang에 의해 제안
일본 정수장 소독공정제어에 실증



약품공정
(2005~)

1950

STEP .05

선형회귀

05

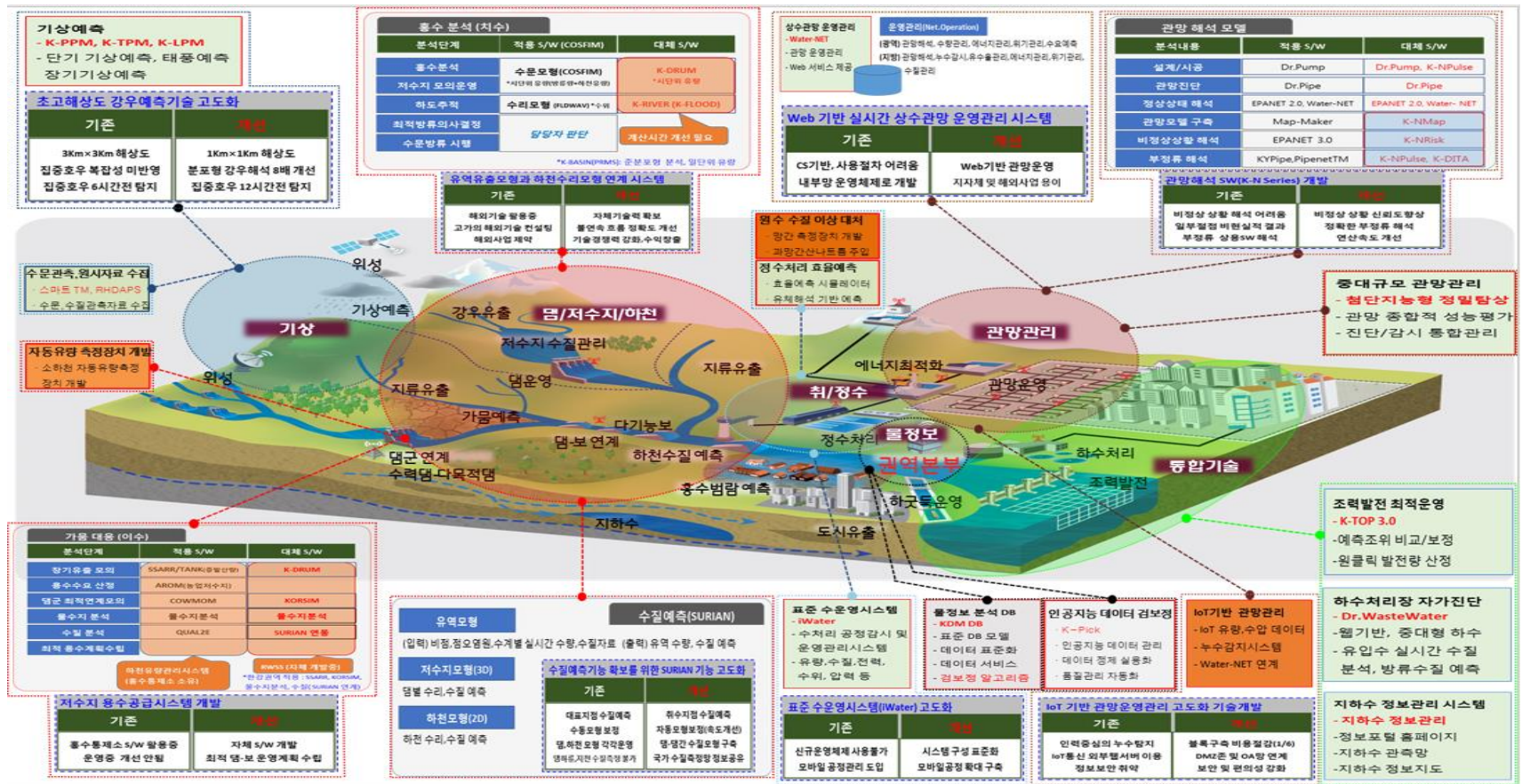
인공지능 시작
예측의 기본, 약품공정제어

시퀀스로직 : PLC -> 컴퓨터(2000~)

1. 물 관리와 인공지능

■ AI 활용 스마트 물관리

- 물리/화학적 모델 + 인공지능 모델 => 20여종의 K-series S/W 모형 개발
- 폭넓은 활용 : 기상 -> 댐/저수지/하천 -> 정수장 -> 관망관리 -> 소비자



2. 정수처리과정 활용



2-1. 정수장 유입탁도 예측

■ 선제적 대응 방안 마련 필요 : 수도권 탁도변화

- 목표 : 취수원 탁도 발생시 탁도 유입시점 휴먼에러 -> 예측 -> 사전대응 방안 마련
- 제약 : 유입유량에 따른 체류시간, 시간경과 후 가중치 Update

시간	팔당호 여주 팔당(취) 탁도	팔당(취) 원수 탁도									
2017-07-15 21:00	19.18	12.85	20.85	13.28	13.92	19.57	12.64	14.2	14.34	21.26	
2017-07-15 22:00	19.32	12.13	19.95	13.11	12.43	19.33	12.41	13.83	14.26	19.89	
2017-07-15 23:00	20.85	11.26	19.72	12.76	11.7	18.18	12.46	14.62	15.49	19.95	
2017-07-15 24:00	23.42	11.84	19.83	12.94	11.46	18.1	12.07	14.22	14.56	19.26	
2017-07-16 1:00	27.98	12.66	20.63	13.12	11.15	18.01	12.6	13.69	14.52	18.81	
2017-07-16 2:00	30.22	13.33	19.34	12.51	10.96	18.19	12.67	13.33	14.37	18.03	
2017-07-16 3:00	31.32	13.39	18.62	11.74	10.93	18.09	12.09	12.64	13.73	17.91	
2017-07-16 4:00	29.92	12.53	18.27	10.51	10.62	18.29	11.02	12.2	13.49	17.98	
2017-07-16 5:00	29.02	12.75	18.3	9.58	9.94	18.65	10.44	11.93	12.97	18.34	
2017-07-16 6:00	31.08	12.41	18.82	8.89	9.01	19.4	10.18	11.54	12.72	17.44	
2017-07-16 7:00	76.5	13.47	20.35	8.46	8.37	18.87	10.1	11.54	12.91	16.58	
2017-07-16 8:00	64.32	13.16	21.59	8.72	8.59	18.48	9.99	11.85	12.59	18.54	
2017-07-16 9:00	98.58	19.33	22.85	9.27	8.46	18.79	9.78	11.91	12.47	16.5	
2017-07-16 10:00	236.8	29.8	24.89	10.04	9.28	19.11	9.82	11.4	12.2	16.27	
2017-07-16 11:00	407.13	42.05	28.04	9.87	9.68	19.68	9.83	11.3	14.46	15.82	
2017-07-16 12:00	460.07	41.42	39.07	9.82	9.26	20.32	10.09	12.08	13.59	15.73	
2017-07-16 13:00	401.82	35.3	47.56	10.71	8.85	20.39	10.1	12.09	13.75	15.19	
2017-07-16 14:00	376.87	31.22	52.26	12.92	8.89	20.75	10.04	11.92	13.17	14.85	
2017-07-16 15:00	335.63	35.87	49.69	13.97	9.73	21.12	9.95	11.43	13	14.8	
2017-07-16 16:00	300.9	40.36	45.98	24.43	11.69	22.33	10.58	11.78	13.74	14.86	
2017-07-16 17:00	276.35	43.6	42.57	40.98	21.08	28.85	11.06	12.64	14.42	14.77	
2017-07-16 18:00	263.65	47.36	44.26	39.56	33.76	42.53	12.08	13.77	15.33	14.54	
2017-07-16 19:00	413.25	55.55	46.89	32.97	33.29	51.22	12.21	14.25	15.41	15.27	
2017-07-16 20:00	519.45	62.51	49.02	34.83	29.73	61.47	12.55	14.48	15.54	14.47	
2017-07-16 21:00	541.28	73.78	51.57	37.93	29.77	65.9	13.02	14.83	15.77	14.93	
2017-07-16 22:00	538.57	104.26	57.38	41.87	32.9	68.42	14.03	16.01	16.52	13.94	
2017-07-16 23:00	547.2	120.95	69.93	47.32	37.17	66.94	19.2	21.95	25.42	14.24	
2017-07-16 24:00	474.22	130.17	92.21	54.41	39.96	71.13	30.62	37.31	30.01	12.98	
2017-07-17 1:00	415.32	143.49	111.13	64.46	45.88	68.59	39.2	48.13	37.48	12.49	

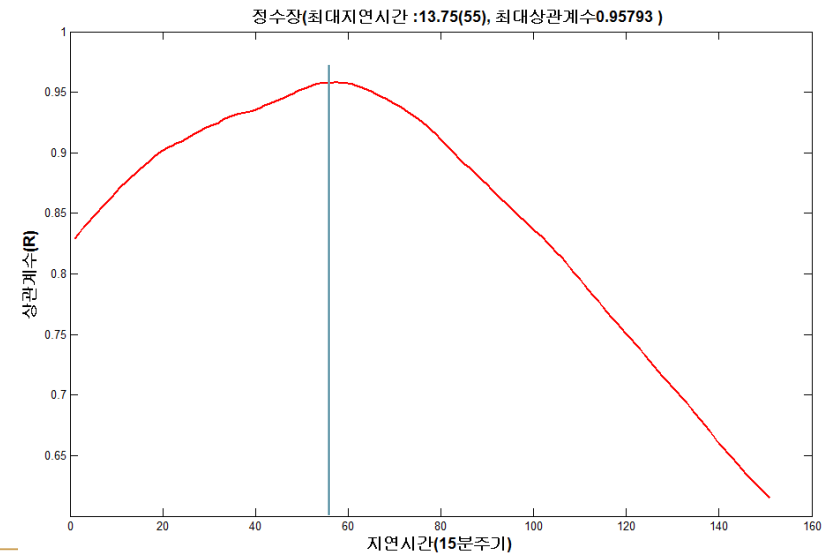
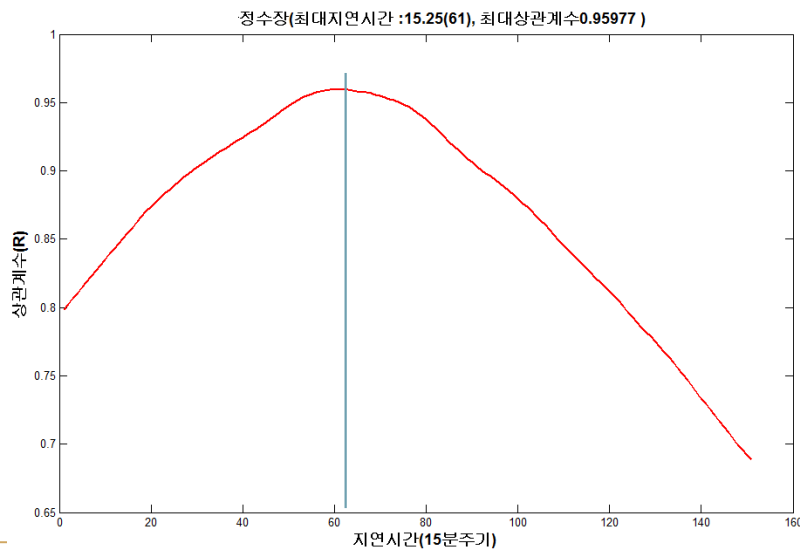
2-1. 정수장 유입탁도 예측

■ 자연시간 예측(상관관계 분석)

```
%X Correlation Analysis
MaxDelayTime = 150;
Corr_R_Ilisan = ones(MaxDelayTime,1);
Corr_R_Goyang = ones(MaxDelayTime,1);
for i = 0 : MaxDelayTime
    A = corrcoef(Input(1:length(Input)-i, 1), Input(1+i:length(Input), 2));
    Corr_R_Ilisan(i+1) = A(1,2);
    A = corrcoef(Input(1:length(Input)-i, 1), Input(1+i:length(Input), 3));
    Corr_R_Goyang(i+1) = A(1,2);
end
figure(1);
plot(Corr_R_Ilisan,'r','LineWidth',2)
[Max_Value,Max_Index] = max(Corr_R_Ilisan); % 61(15시간 전) % 0.9596
xlabel('자연시간(15분주기)','fontWeight','bold','FontSize', 14); ylabel('상관계수(R)','fontWeight','bold','FontSize', 14); %grid on
title(strcat('일산정수장(최대자연시간 : ', num2str(Max_Index/4), '(', num2str(Max_Index), '), 최대상관계수', num2str(Max_Value), ')'),'fontWeight','bold','FontSize', 14);

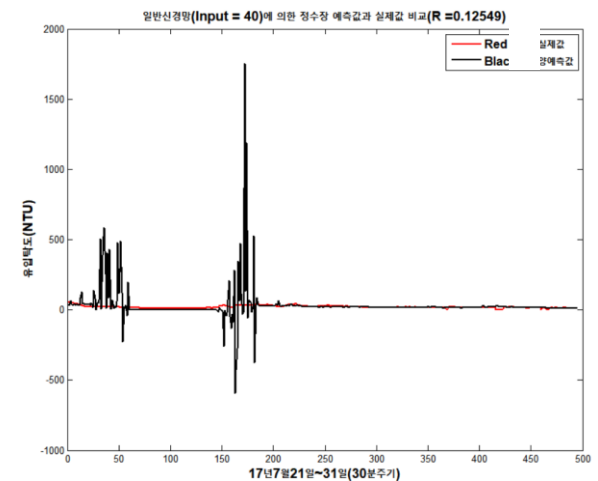
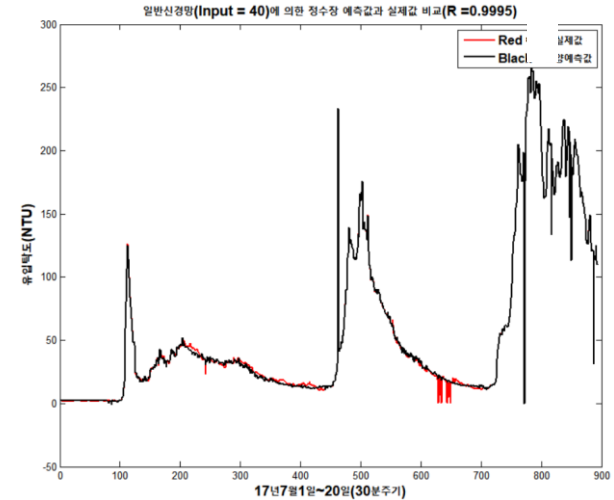
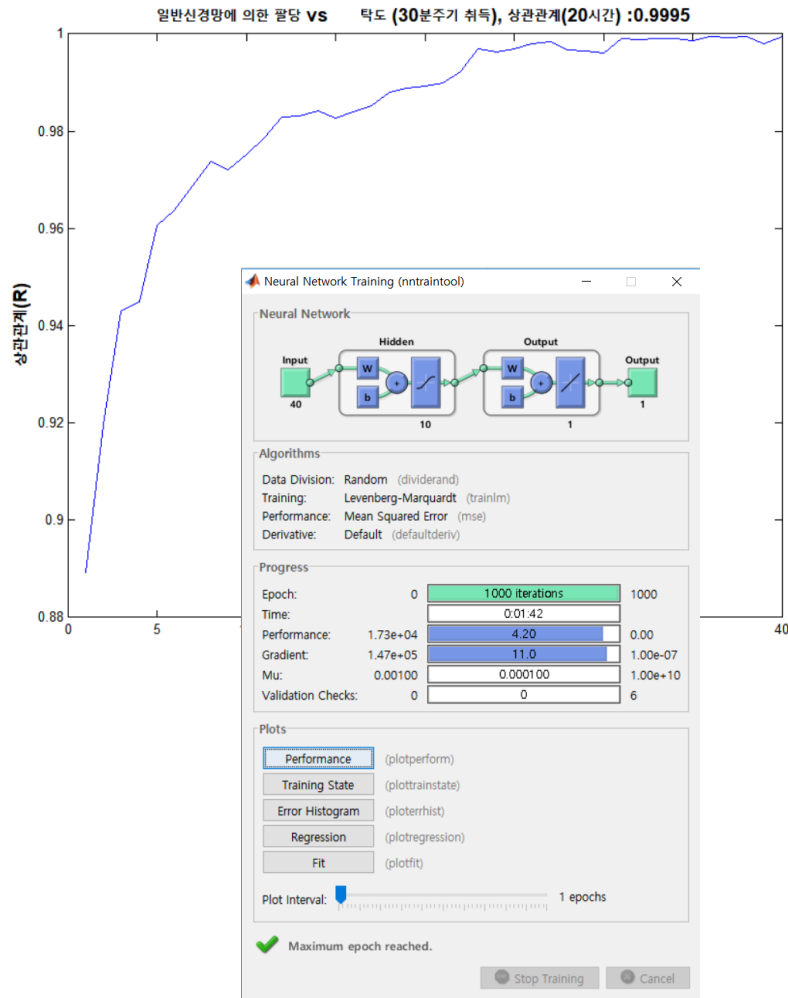
figure(2); plot(Corr_R_Goyang,'r','LineWidth',2)
[Max_Value,Max_Index] = max(Corr_R_Goyang); % 55(13.5시간 전) % 0.9596
xlabel('자연시간(15분주기)','fontWeight','bold','FontSize', 14); ylabel('상관계수(R)','fontWeight','bold','FontSize', 14); %grid on
title(strcat('고양정수장(최대자연시간 : ', num2str(Max_Index/4), '(', num2str(Max_Index), '), 최대상관계수', num2str(Max_Value), ')'),'fontWeight','bold','FontSize', 14);
```

교차상관계수



2-1. 정수장 유입탁도 예측

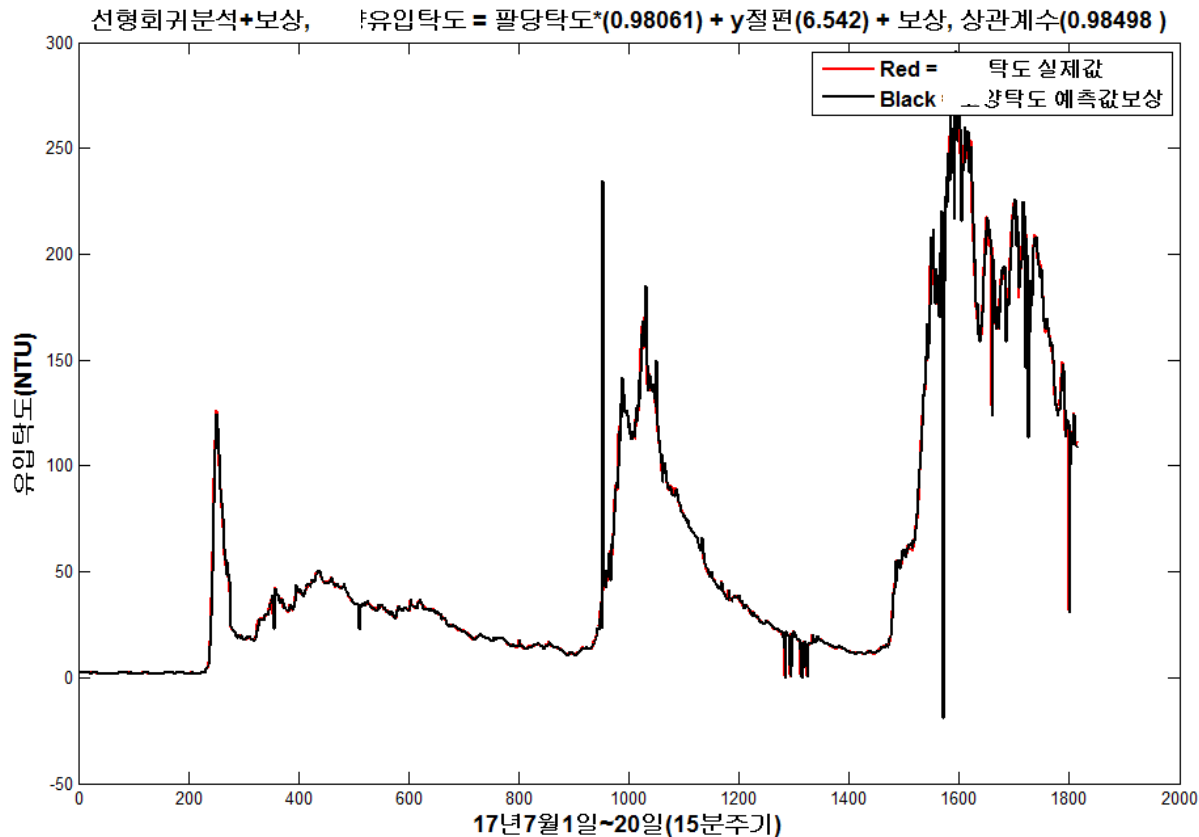
■ 시계열 신경망



2-1. 정수장 유입탁도 예측

■ 알고리즘 선정

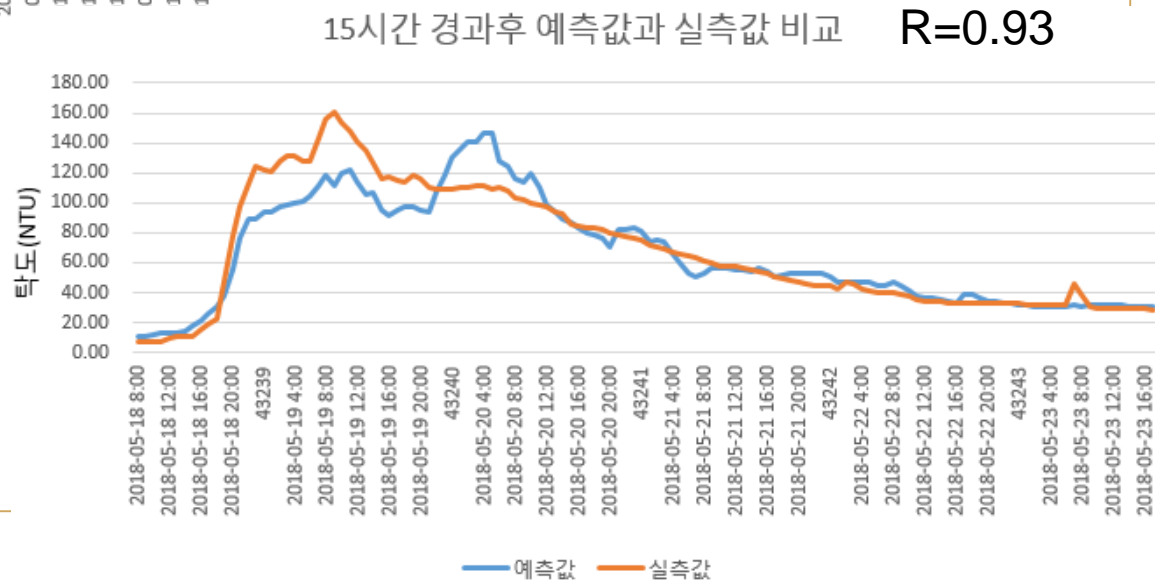
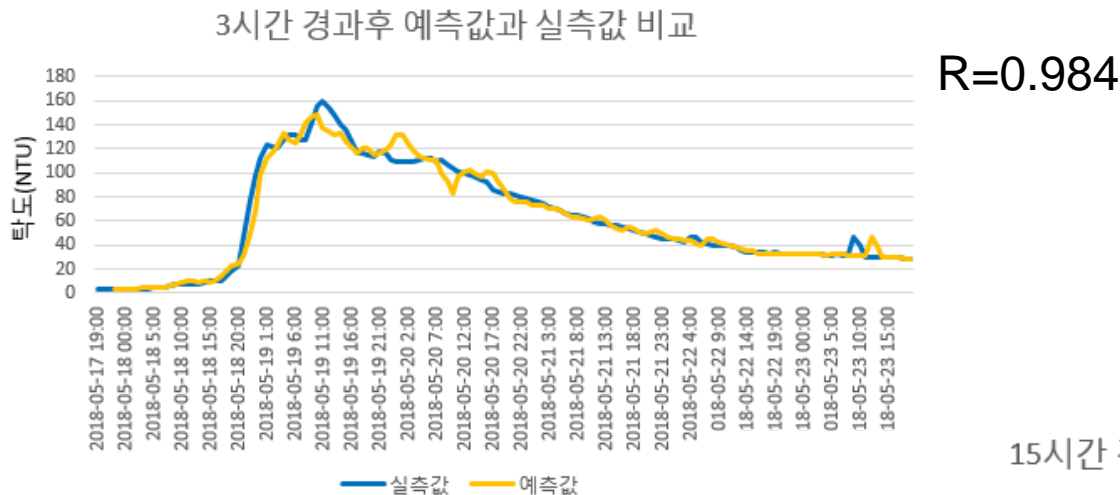
- 현장탁도[1~16시간후] = [13 or 16시간전팔당탁도 * a + y절편]
+ (현재탁도 - 현재예측탁도) * 보정상수



2-1. 정수장 유입탁도 예측

■ 자연시간 예측(상관관계 분석)

● 17년도 학습자료 -> 18년도 검증자료 적용 결과



2-1. 정수장 유입탁도 예측

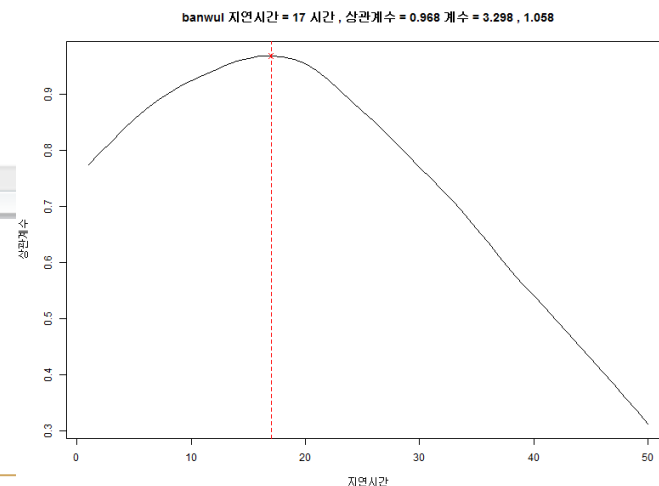
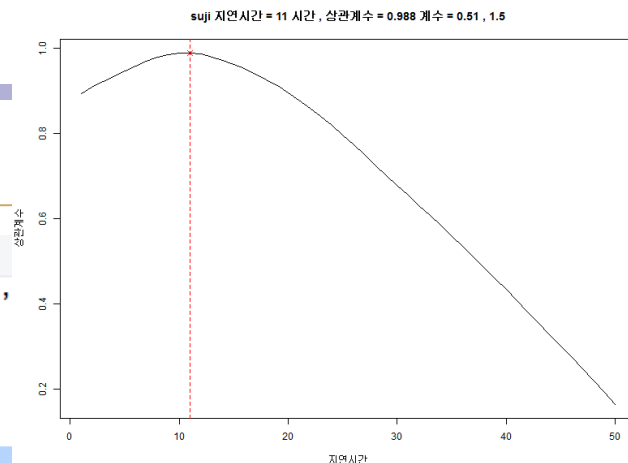
■ 수도권 정수장 확대 구축(탁도, pH, AL)

```
☐ In selection ☐ Match case ☐ Whole word ☐ Regex ☒ Wrap
23 final_result <- data.frame('w?rboo'=0, 'dukso'=0, 'ilsan'=0, 'goyang'=0,
24
25 for(i in 2:ncol(Paldang.1))
26 {
27   for(j in 1:time.delay)
28   {
29     paldang_turb <- Paldang.1[1][1:(row.length+1-j),]
30     sdg_turb <- Paldang.1[i][i-row.length,]
31     result[j,i-1] <- cor(paldang_turb, sdg_turb)
32   }
33   result
34   result[4]
35
36   max_delay[1,i-1] <- which(max(result[i-1]) == result[i-1])
37   max_delay
38   max_corr[1,i-1] <- round(max(result[i-1]), 3)
39   max_corr
40
41   paldang_turb.1 <- Paldang.1[1][1:(row.length+1-max_delay[1,i-1]),]
42   sdg_turb.1 <- Paldang.1[i][max_delay[1,i-1]:row.length,]
43
44   A <- data.frame(paldang_turb.1, sdg_turb.1)
45
46   corr.sdg <- lm(A[,2]~A[,1])
47
48
29:5 (Top Level) ▾
```

```
lm(formula = A[, 2] ~ A[, 1])
```

Coefficients:

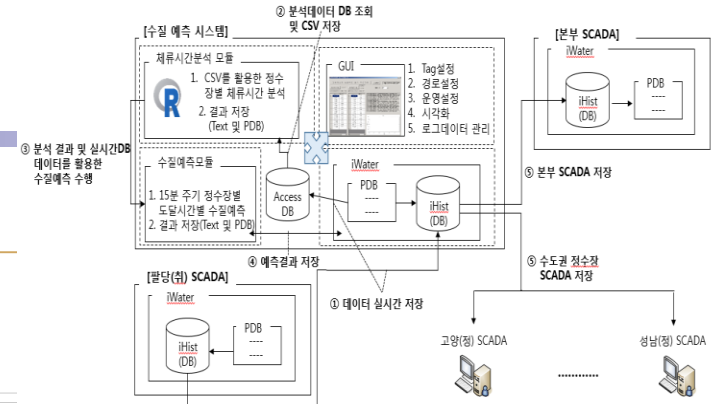
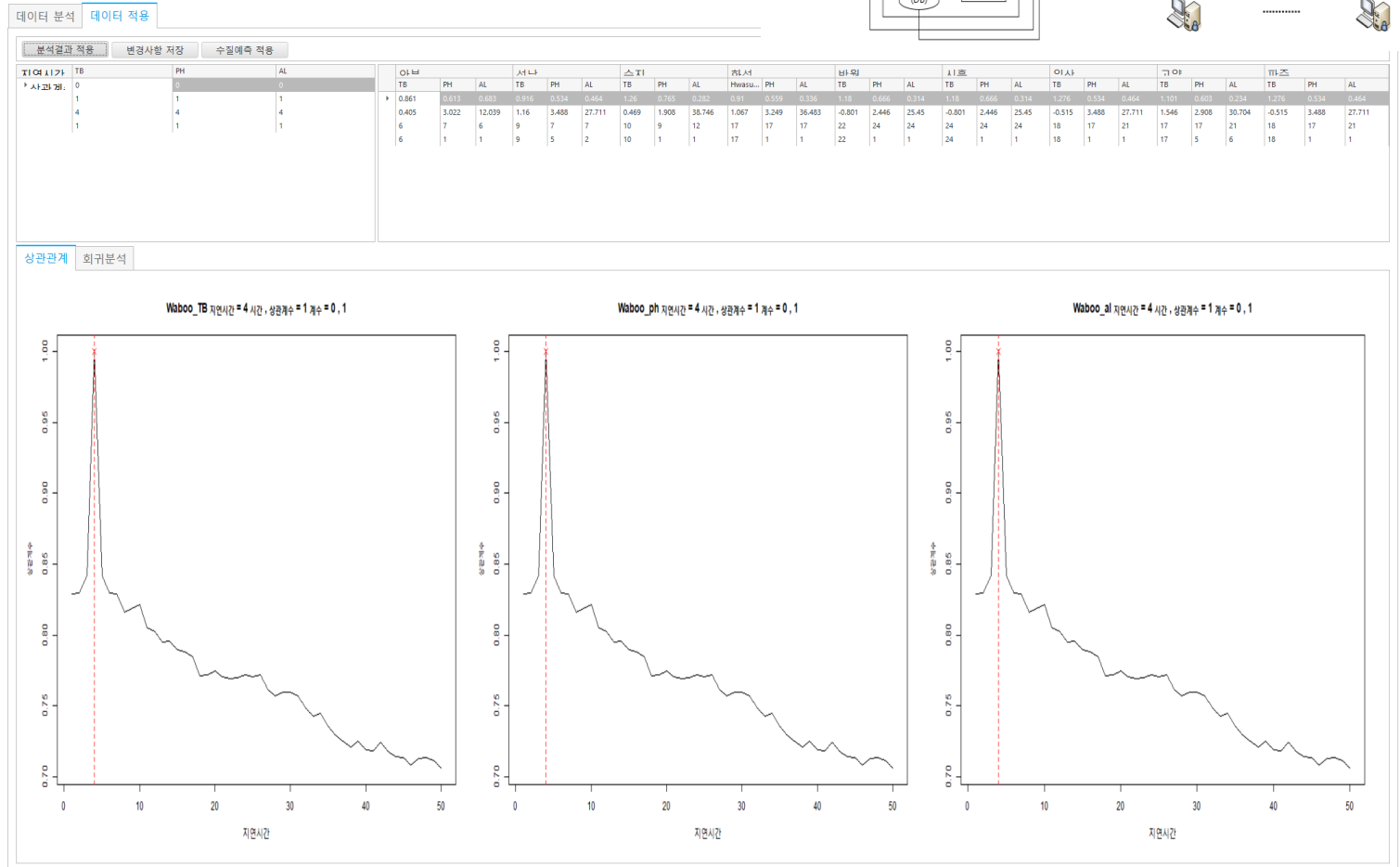
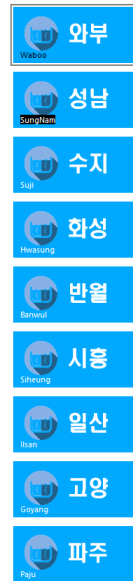
(Intercept)	A[, 1]
3.298	1.058



2-1. 정수장 유입탁도 예측

■ 시스템 구현

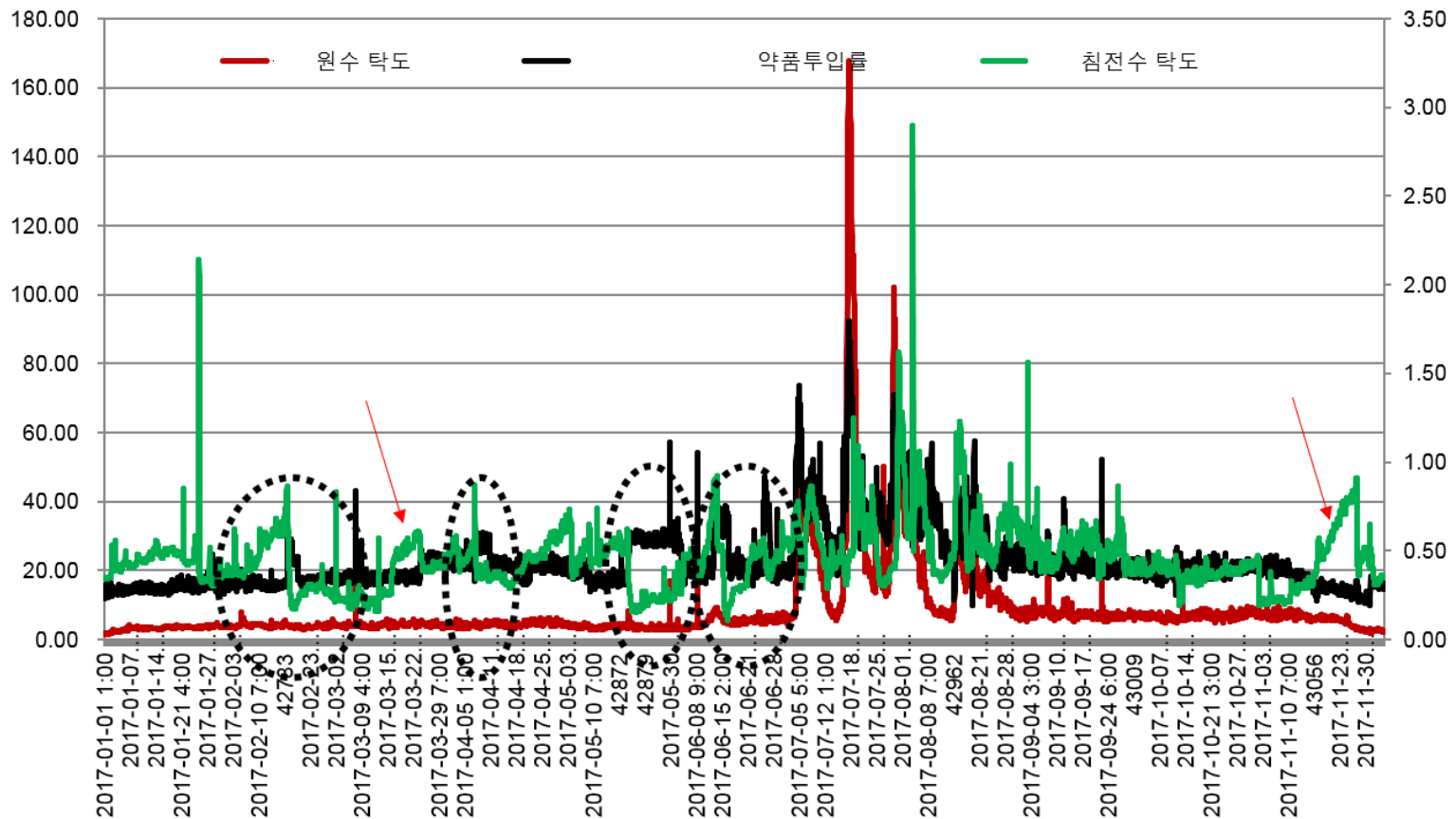
⊕ 수질예측 시스템



2-2 수질변화에 따른 응집제 투입률 결정

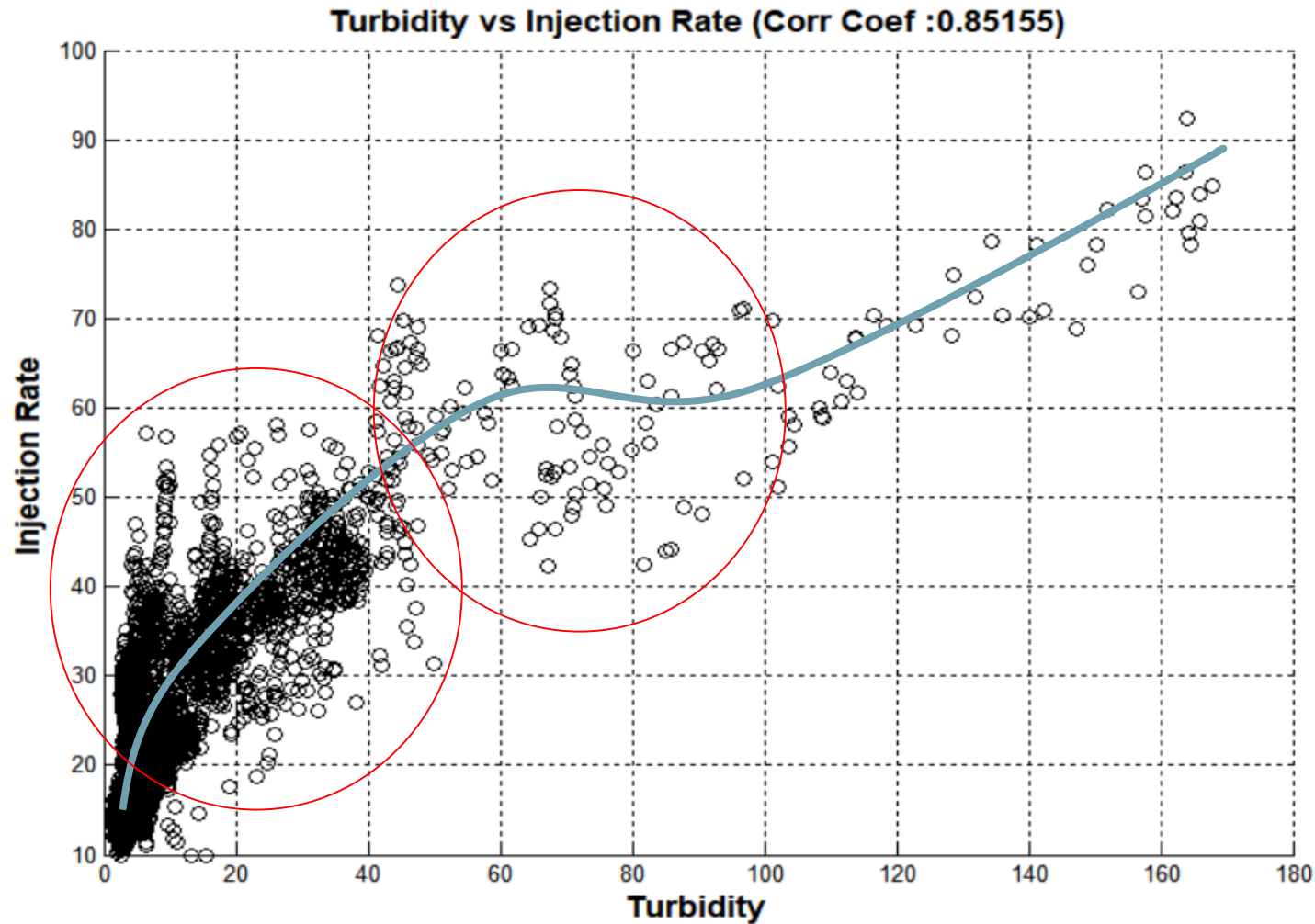
■ 2017년 약품투입자료

- 목표 : 운영자 실시간 수질변화 대응불가 → 원수 수질 고려한 응집제 투입률
- 제약 : No Feedback, 단발성, 안전성 확보



2-2 수질변화에 따른 응집제 주입률 결정

■ 탁도에 따른 예상 주입률



2-2 수질변화에 따른 응집제 투입률 결정

■ 상관관계분석

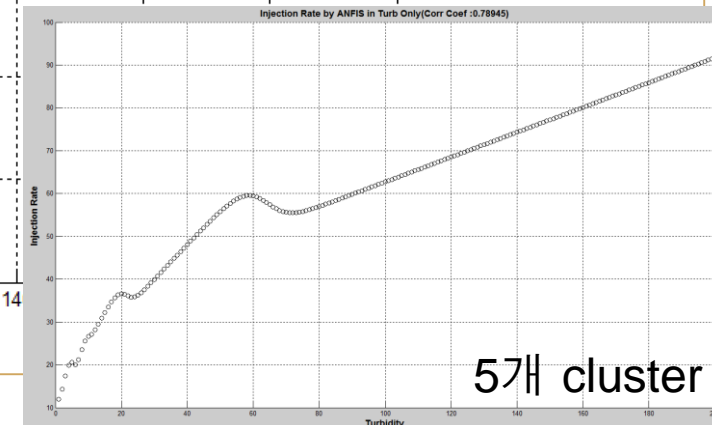
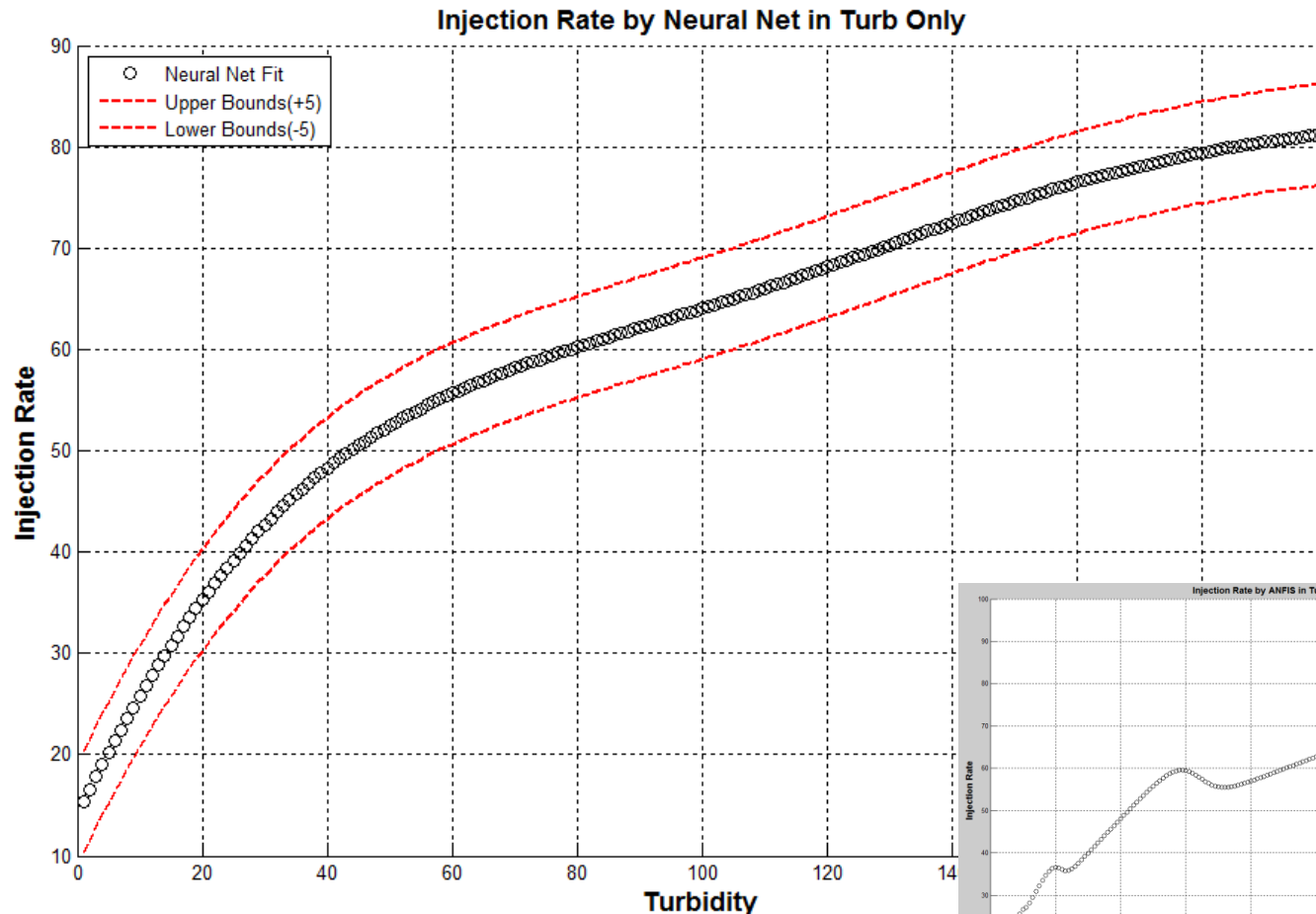
- 수질과 투입률간 선형적인 관계 설명 : 탁도, 알칼리도, pH 순서

	탁도	PH	알칼리도	전도도	온도	약품투입률
탁도	1					
PH	-0.53254	1				
알칼리도	-0.67993	0.596561	1			
전도도	-0.47922	0.445696	0.754288	1		
온도	0.32953	-0.71218	-0.411416	-0.249185	1	
약품투입률	0.78945	-0.641993	-0.676344	-0.540396	0.55409	1

2-2 수질변화에 따른 응집제 주입률 결정

■ 약품절감방안 : 뉴럴넷 + 단순편차 적용

- 뉴로퍼지에 의한 약품절감 : Cluster 2개, Cluster 10개 이상이면?



5개 cluster

2-2 수질변화에 따른 응집제 주입률 결정

■ 주요코드

● 선형회귀

```
MLR_Parameter = pinv(Trn_Input)*Trn_Target; % pseudo inverse inverse[(A'A)]*A'*B
MLR_TrnOut = Trn_Input * MLR_Parameter;
Error = MLR_TrnOut - Trn_Target;
    M1_MLR_Trn_MAPE = mean(abs((Error)./Trn_Target))*100;
    M1_MLR_Trn_MAE = mae(Error);
    M1_MLR_Trn_RMSE = sqrt(mse(Error));
Estimated_Value = MLR_TrnOut; TrueValue = Trn_Target; Trn_Out = MLR_TrnOut;
[R P] = corrcoef(Trn_Target, Trn_Out)

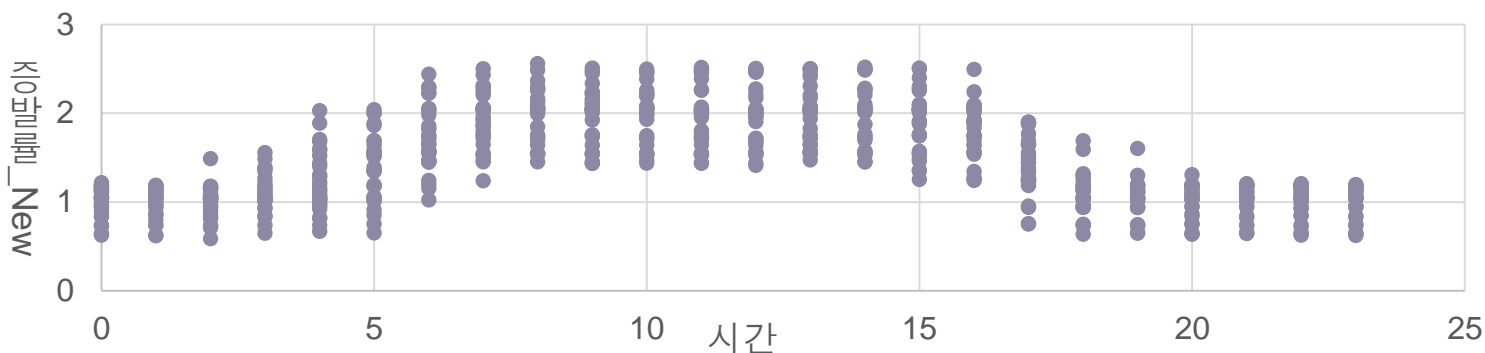
% ANFIS (탁도 vs 주입률)
Trn_Input = [A(:, 1)]; % Bias 제외
trnData = [Trn_Input Trn_Target];
mfType = 'gaussmf'; epoch_n = 100; type = 'sugeno';
cluster_n = 5; %10
in_fis = genfis3(Trn_Input,Trn_Target ,type,cluster_n);
out_fis = anfis(trnData,in_fis,epoch_n);
ANFIS_TrnOut = evalfis(Trn_Input, out_fis); Trn_Out = ANFIS_TrnOut;
```


2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

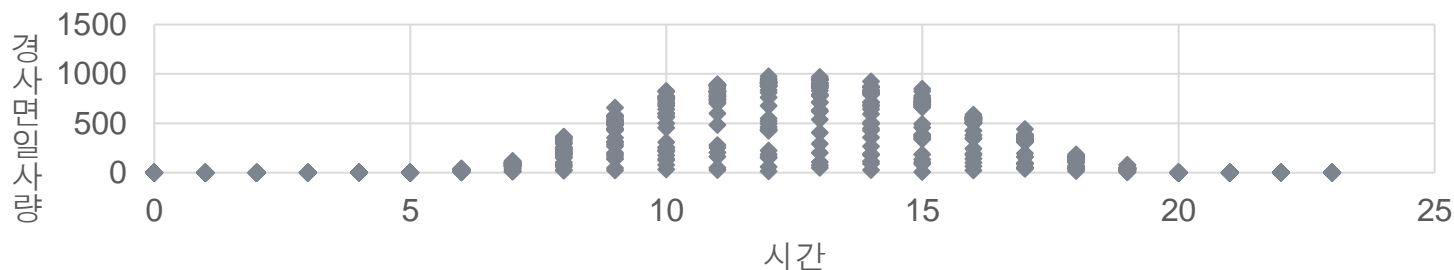
■ 전염소 : 증발량 → 온도, 풍속(센서 미설치) → 시간

- 목표 : 염소 증발률 예측 어려움 → 인공지능 활용 과년도 증발량 학습
- 제약 : FA망 기상청 기상자료 연계 제약

시간에 따른 증발률_New 산점도



시간에 따른 경사면일사량 산점도

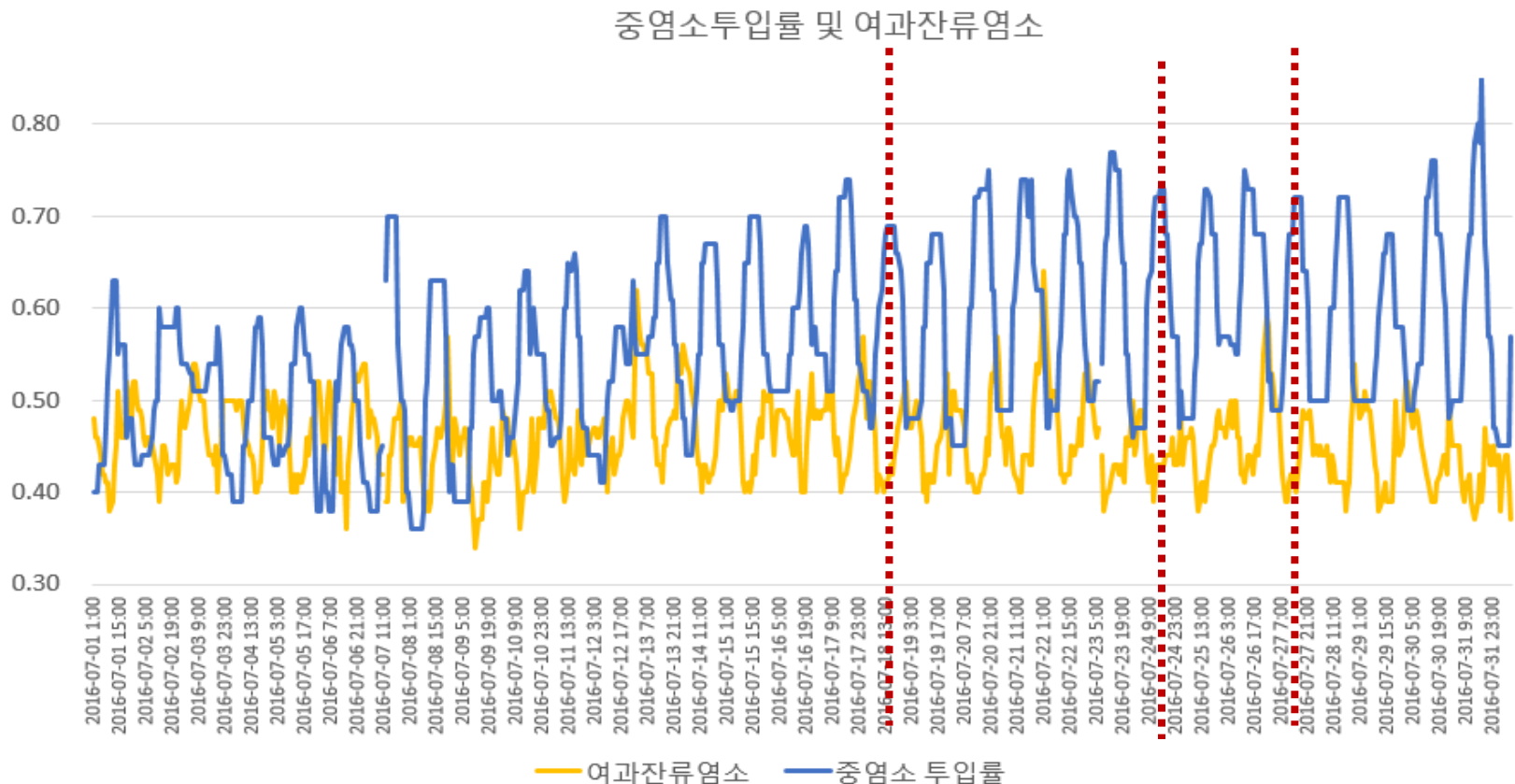


- 시간대에 따른 증발률과 경사면일사량이 일정한 패턴을 나타내는 걸 볼 수 있다.

2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 중염소주입률 vs 여과잔류염소

- 중염소주입률과 여과잔류염소는 반비례 : 증발률
- 전염소 주입률을 1ppm으로 일정하게 운영



2-3 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 전 염 소 제 어

- 목표 : 침전지 주야 증발률 차이, 근무자 수시변경 → 이를 고려한 잔류염소 안정화
 - 제약 : 증발률 계산, Data미취득, 날씨변화에 대한 대응, 제어에 따른 안전성 확보
- *** 염소주입률 = 증발률 + 침전지유출목표잔류염소 or 여과지유출목표잔류염소

BR_염소투입_POP0003.grf

주입률 조건표 자동

전염소 제어

전염소 투입 조건표 자동운전 설정

시 간	주입률 (ppm)												
	현재 주입율	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월	12 월
00:00 ~ 01:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01:00 ~ 02:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02:00 ~ 03:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03:00 ~ 04:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04:00 ~ 05:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05:00 ~ 06:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06:00 ~ 07:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07:00 ~ 08:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08:00 ~ 09:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09:00 ~ 10:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:00 ~ 11:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11:00 ~ 12:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12:00 ~ 13:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13:00 ~ 14:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14:00 ~ 15:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15:00 ~ 16:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16:00 ~ 17:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17:00 ~ 18:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:00 ~ 19:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19:00 ~ 20:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00 ~ 21:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00 ~ 22:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00 ~ 23:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00 ~ 24:00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

제류시간0.00

닫기

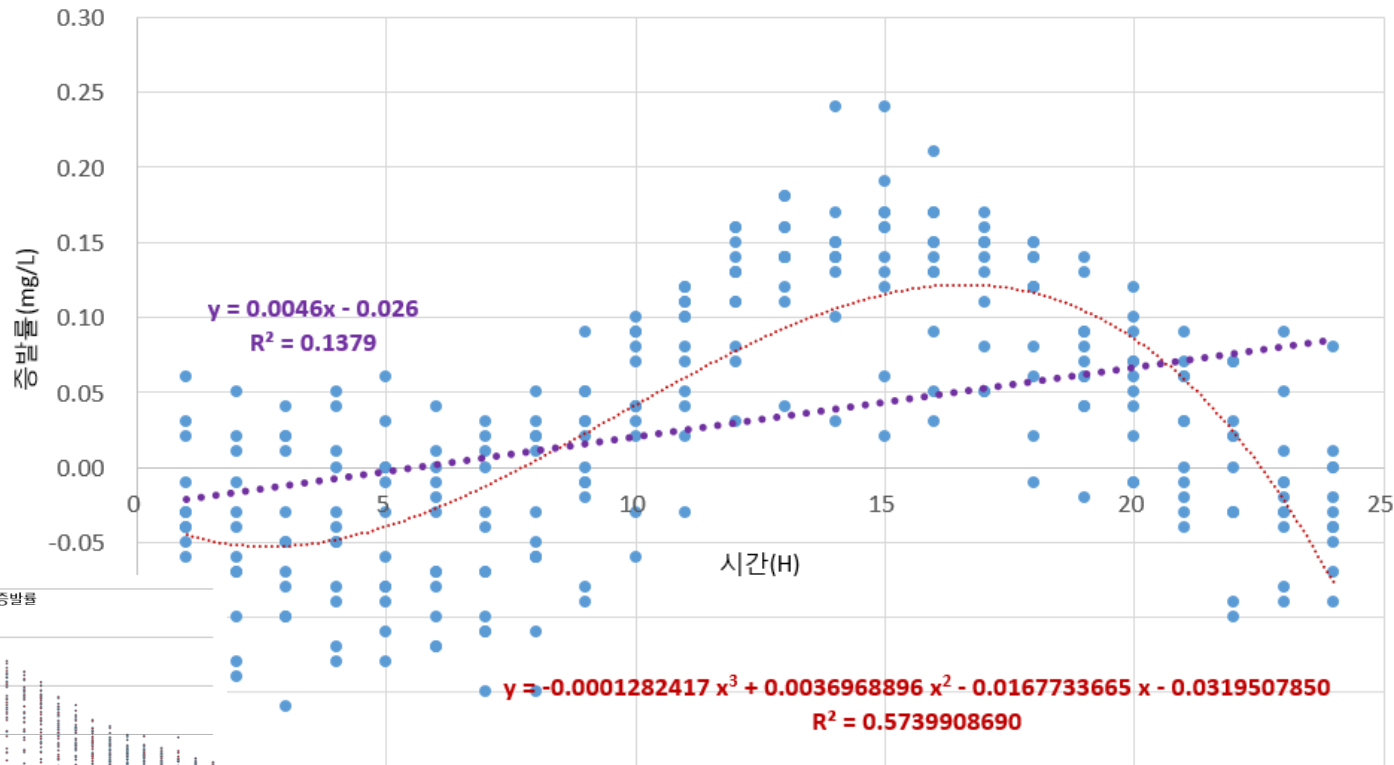
K-water

2-3 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 기초통계분석 : 상관관계

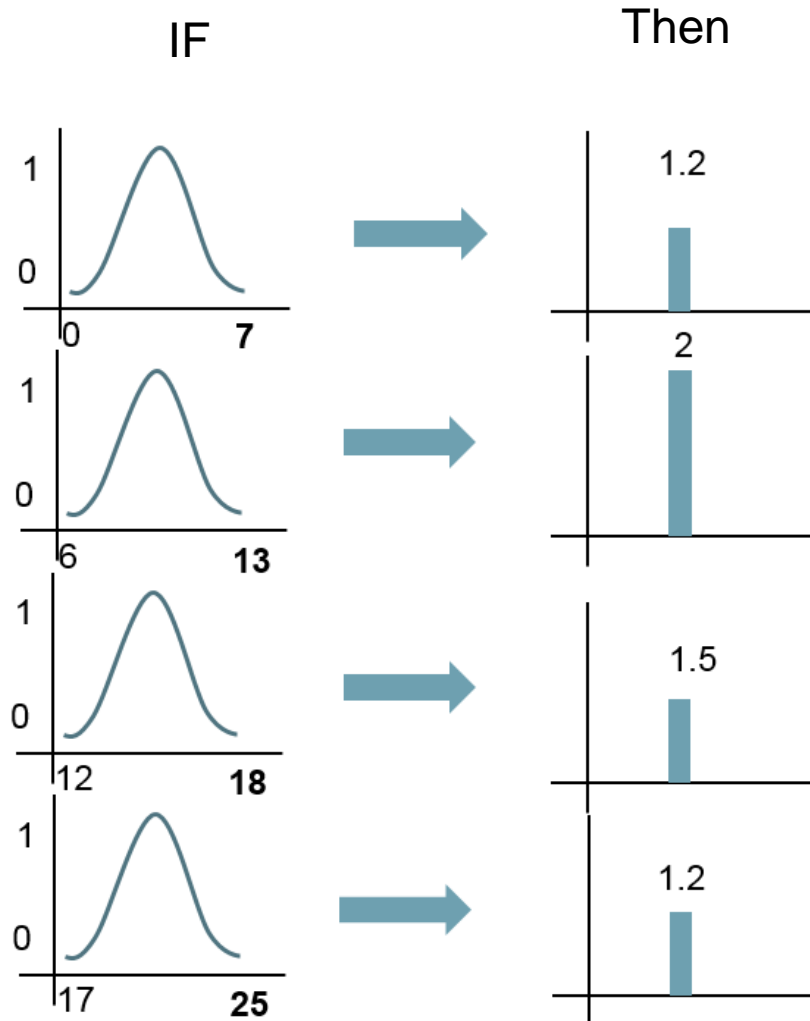
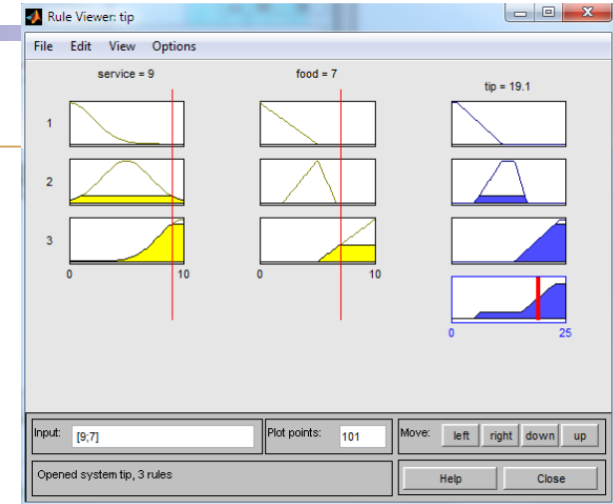
- 비선형이면, R_Square = 0.57 이므로, **R = 0.755**
- 중염소는 14시에 최대 주입률 투입 필요 : 증발이 많이 돼서 들어오므로

증발률(중염소투입률-잔류염소, 6/3~6/5, 1시간지연고려)



2-3. 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 전염소 제어(Fuzzy)



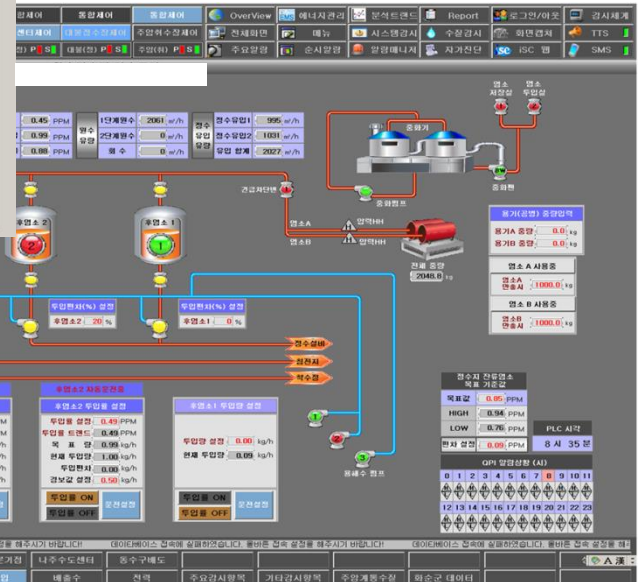
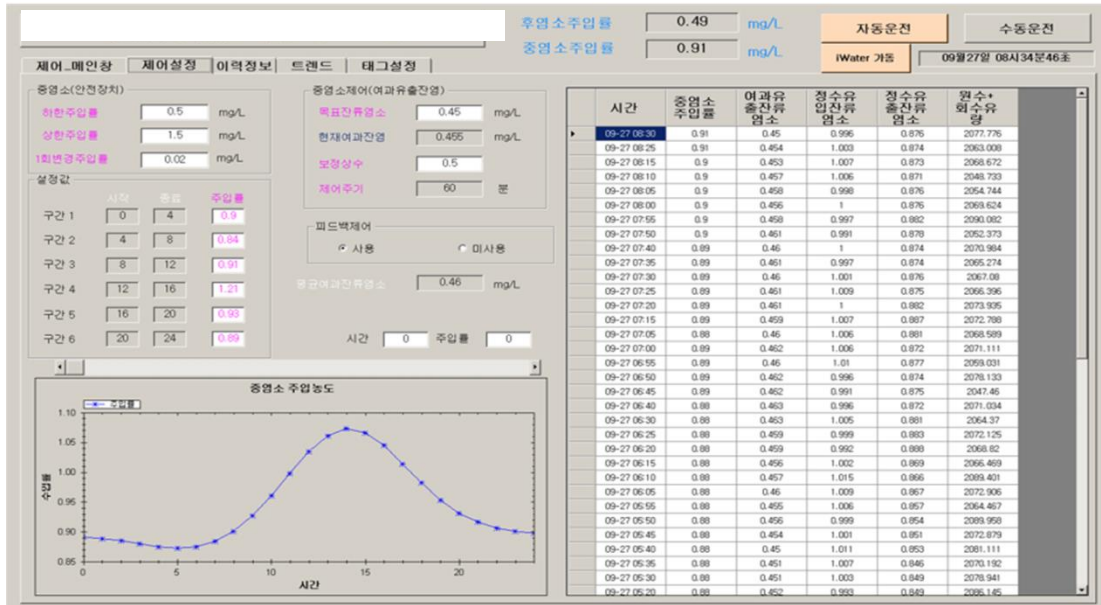
$$\text{Output} = \frac{w_1 f_1 + w_2 f_2}{w_1 + w_2}$$



2-3 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 시스템 구현

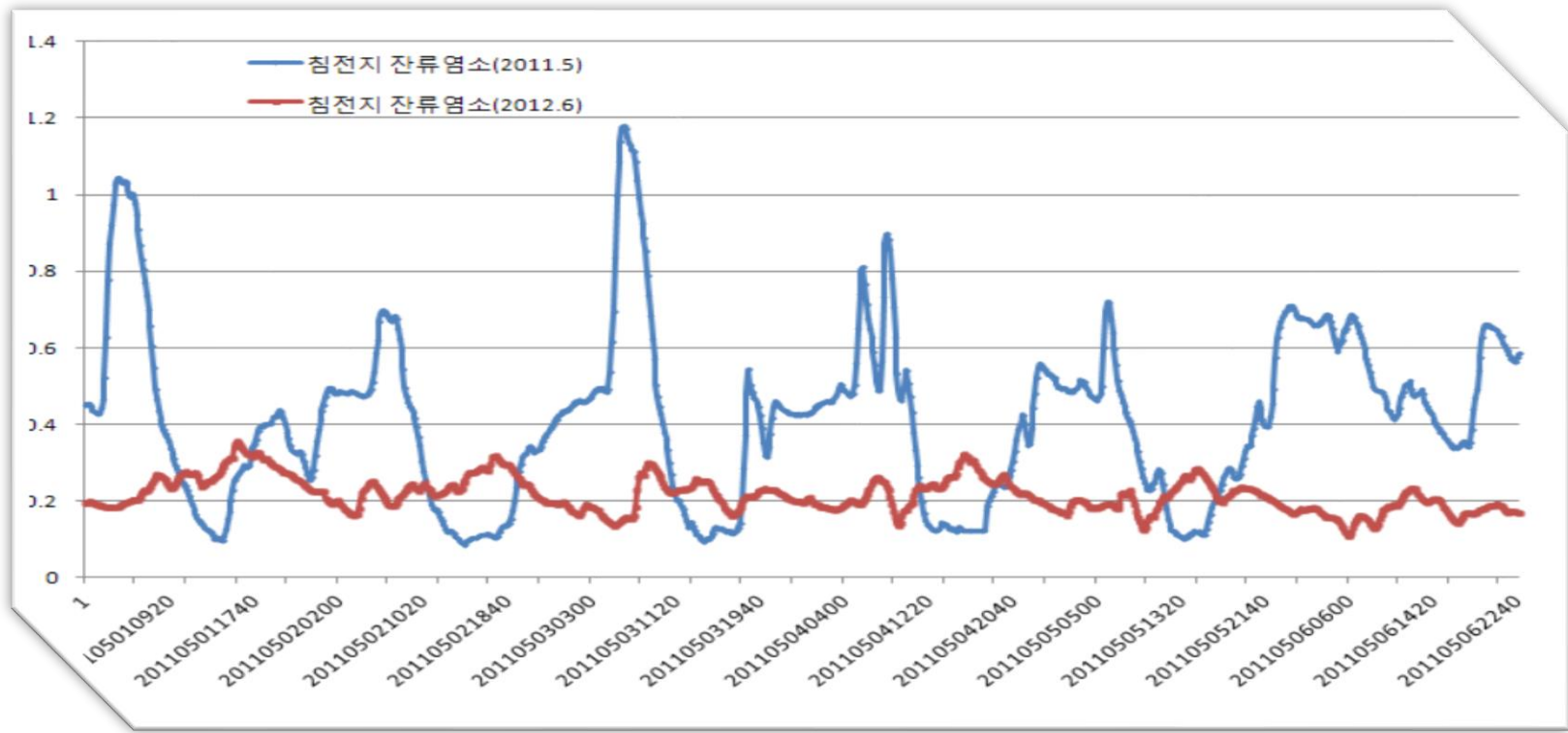
- 알고리즘 : 중염소주입률 = Fuzzy 주입률 + 보정상수(목표여과잔염-현재여과잔염)



2-3 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 침전지유출 잔류염소

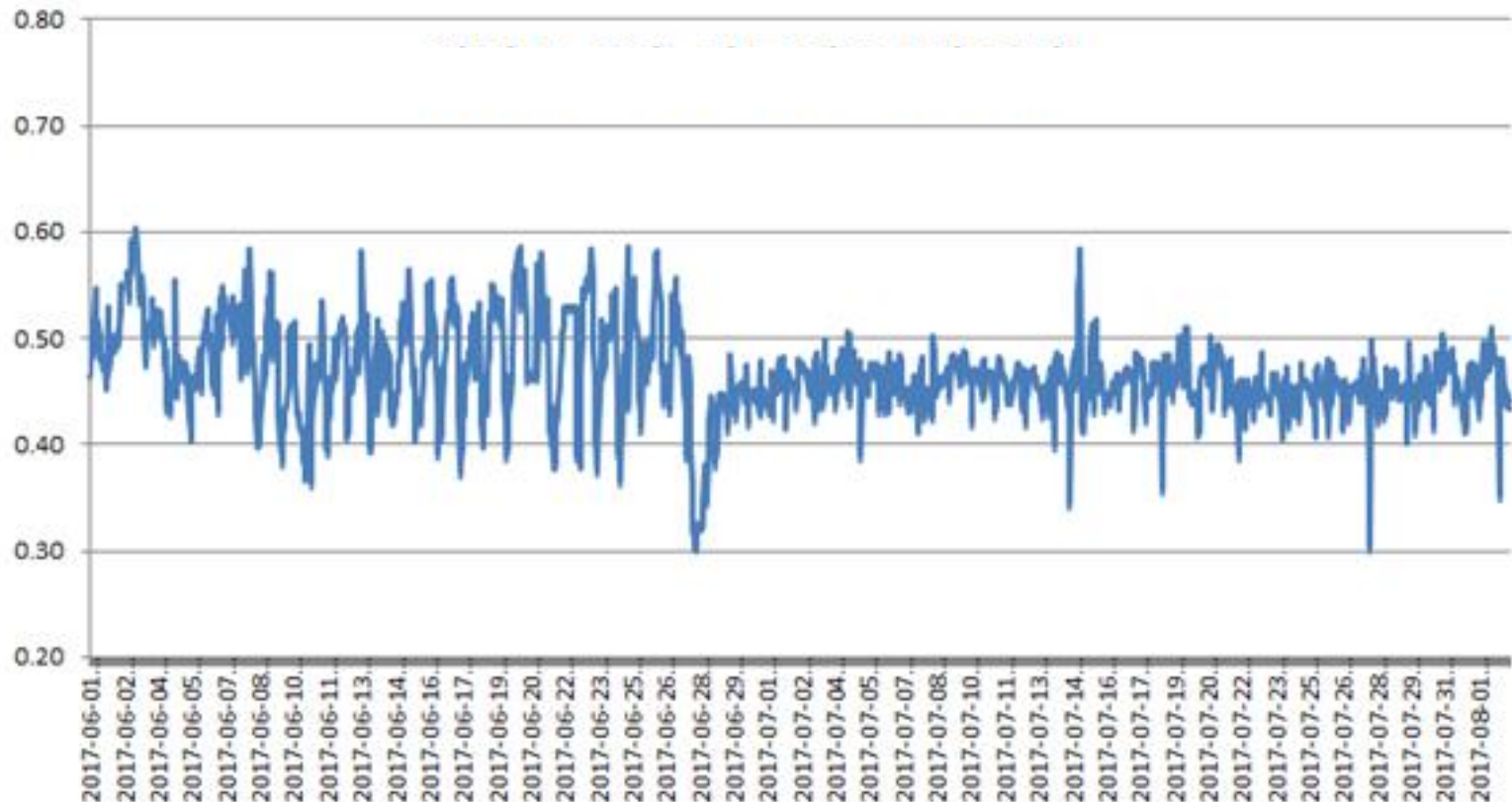
- 침전지 잔류염소 안정화 : 0.1~1.2ppm → 0.15~0.3ppm
- 기존대비 변화율 개선 : 7.3배



2-3 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 여과지 유출 잔류염소

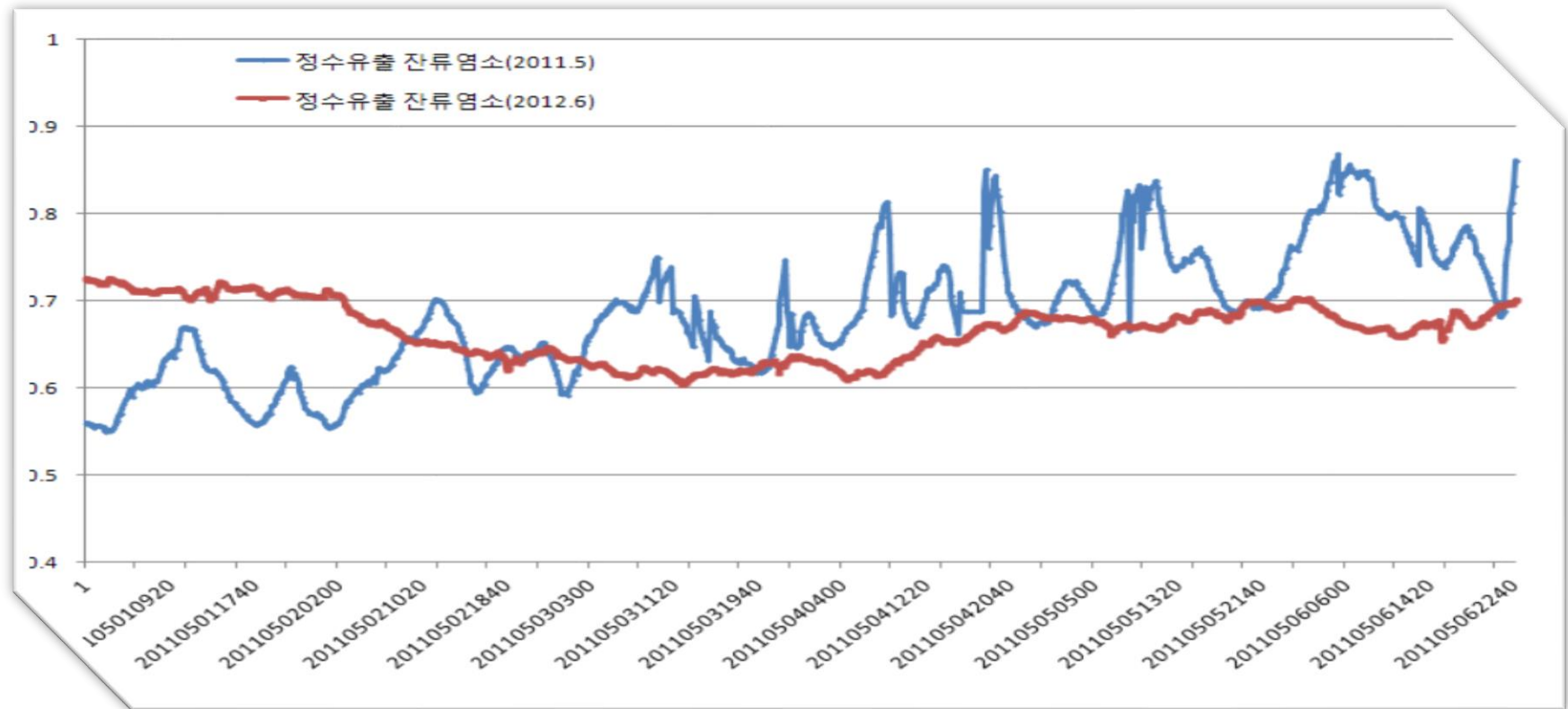
- 여과유출 잔류염소 안정화 : 0.4~0.6ppm → 0.4~0.5ppm
- 기존대비 변화율 개선 : 2배



2-3 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 정수유출 잔류염소

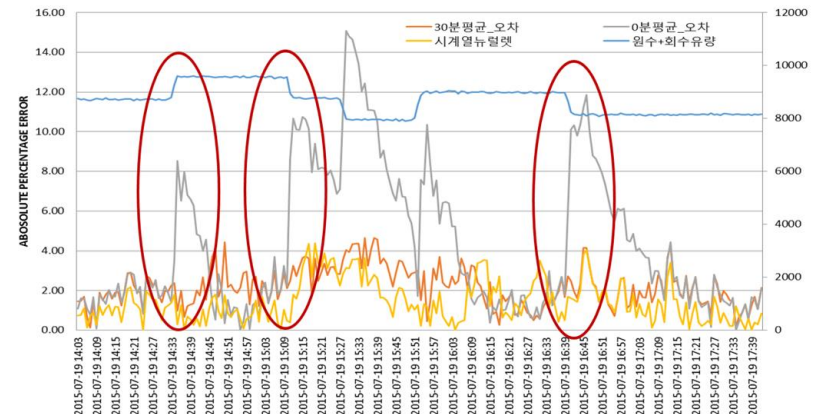
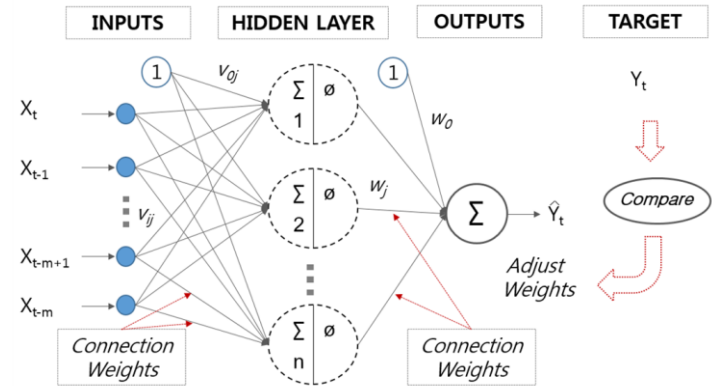
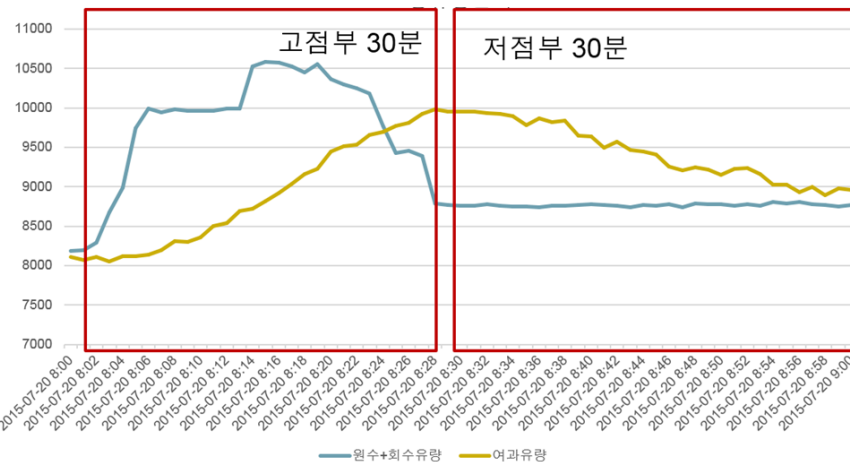
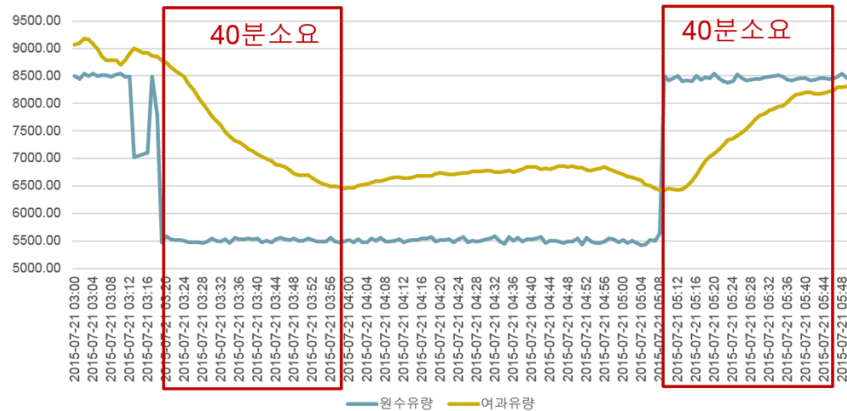
- 정수유출 잔류염소 안정화 : 0.55~0.85ppm → 0.6~0.7ppm
- 기존대비 변화율 개선 : 2배



2-3 염소증발률을 고려한 주입률 결정

■ 침전지 유출유량 예측

● 중염소 및 후염소 주입을 위한 침전지 및 유출유량 산정



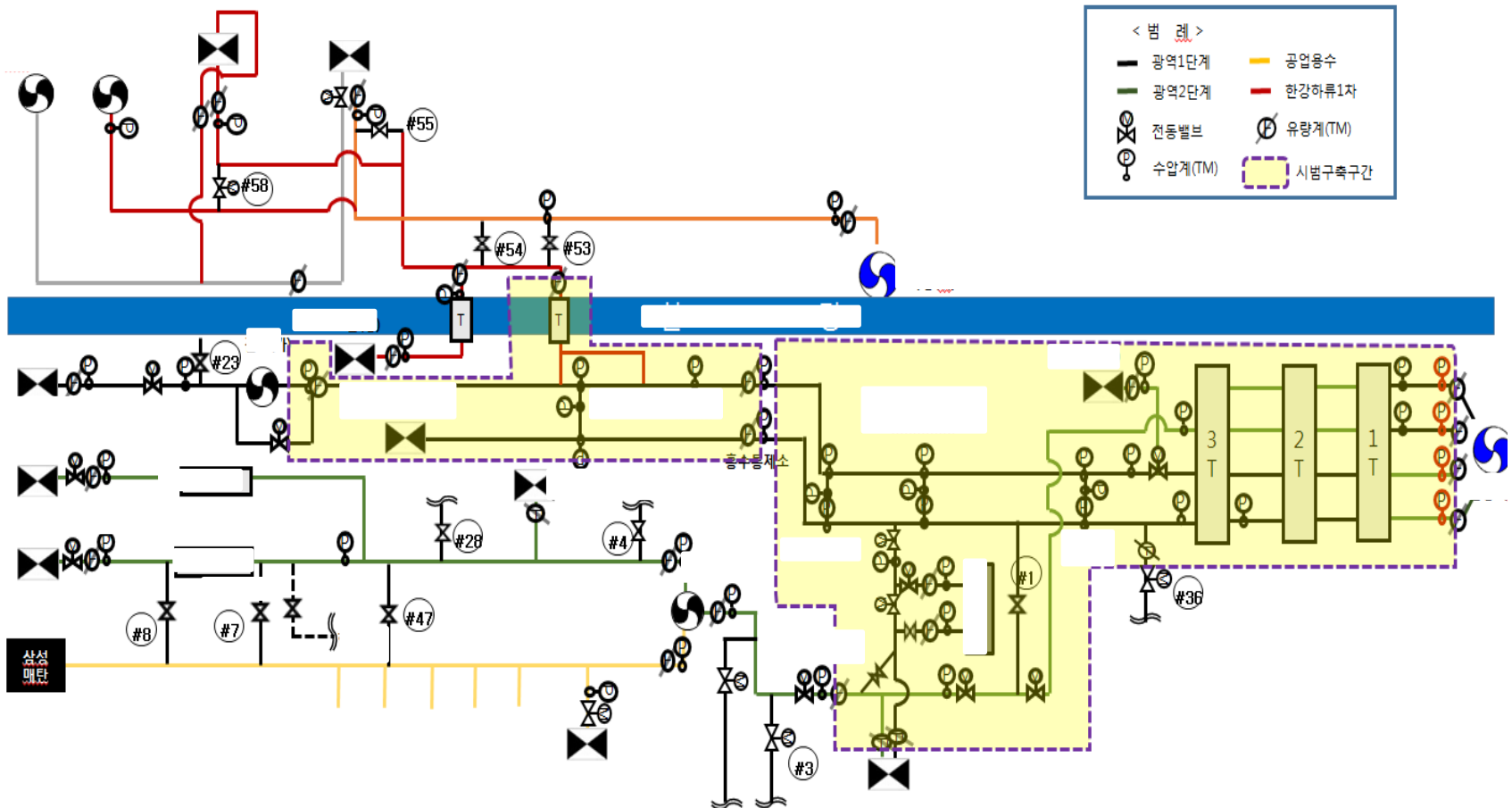
3. 취송수공정 활용방안



2 제안 알고리즘

■ 광역상수도 관망도

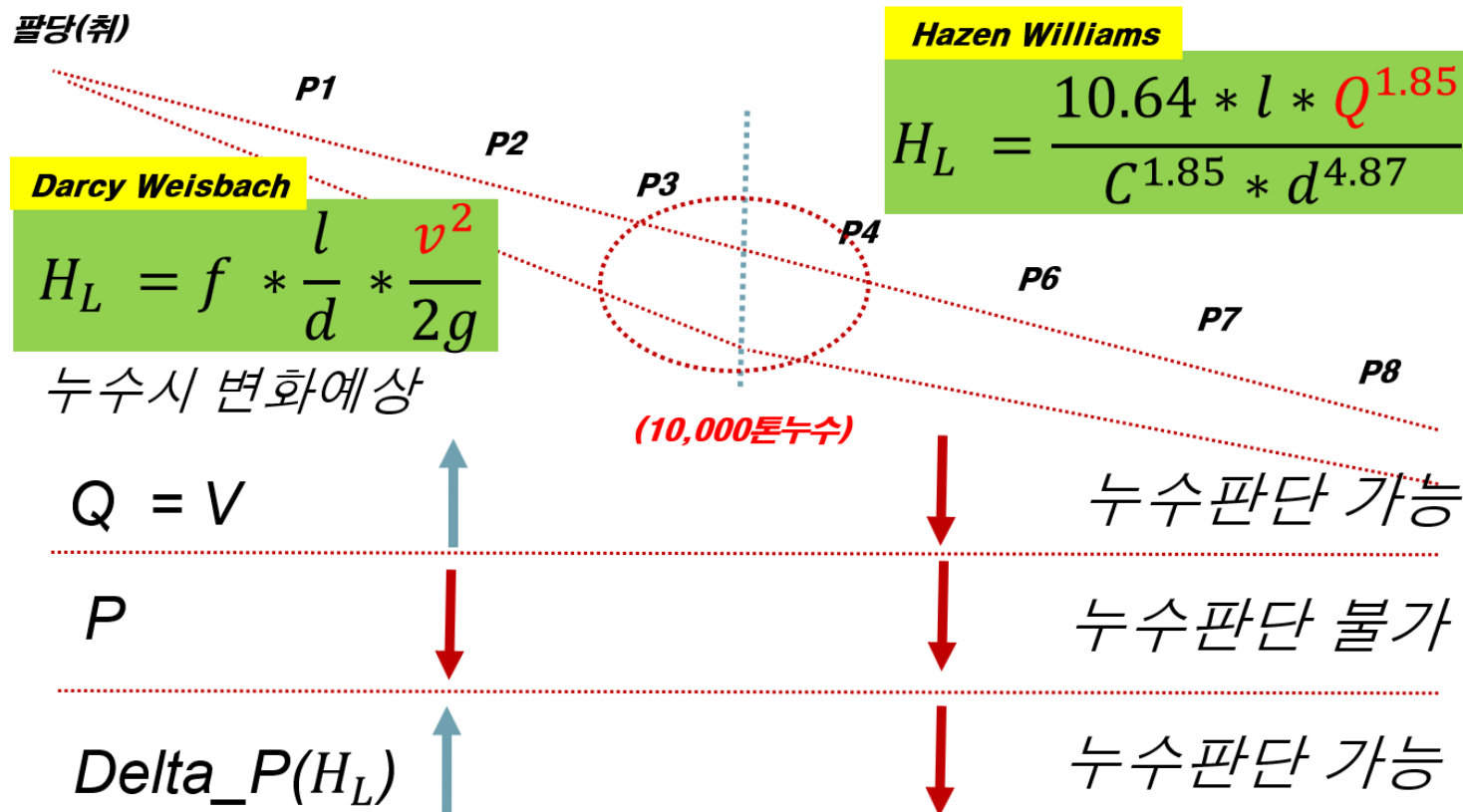
- 유량센서 계측한계 발생, 타 센서 이용방안 마련 필요



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

■ 누수지점 : 압력데이터를 이용한 누수분석(차압이용)

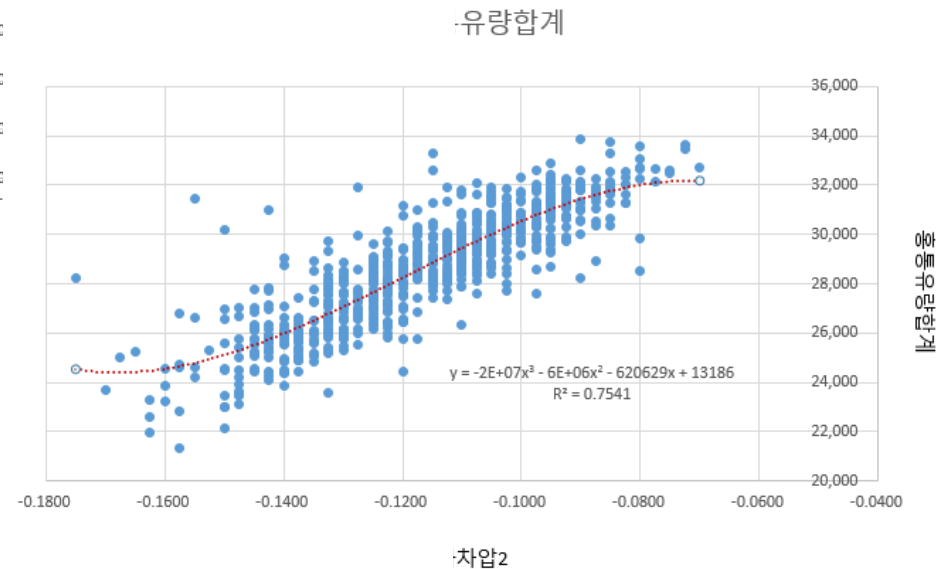
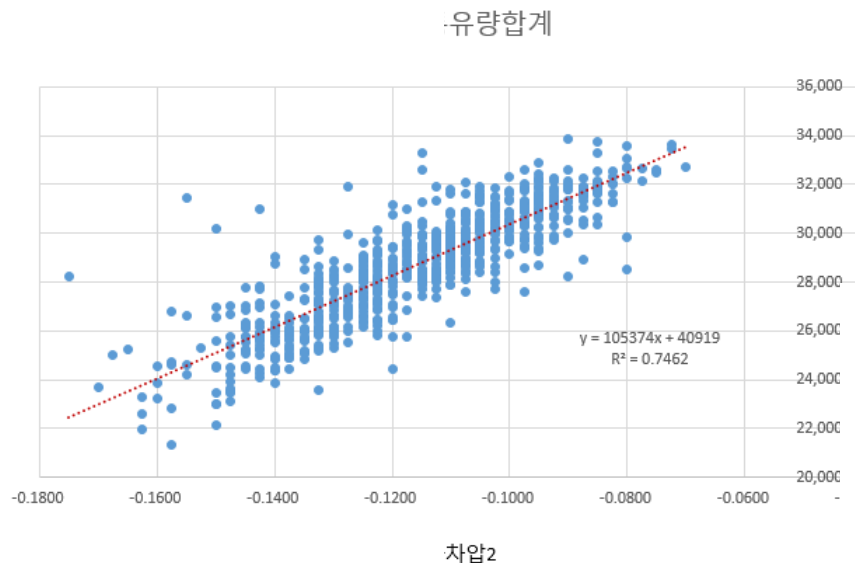
- 목표 : 중대규모 정수장 실시간 누수감지 기술
- 제약 : 유량계 설치제약, 관망자료 Hunting, 관망의 변화



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

■ 차압과 유량관계

- 선형과 비선형 학습결과 : 손실수두 공식과의 일부 차이 발생



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

■ 누수인지

- 누수인지 프로세스 : Hunting Data로 인한 누수인지 해제 빈번 해소 방법

=> WECR, Outlier 제거기법

누수량 = 공급량 - 수수량

누수량 이동평균 (5분이상)

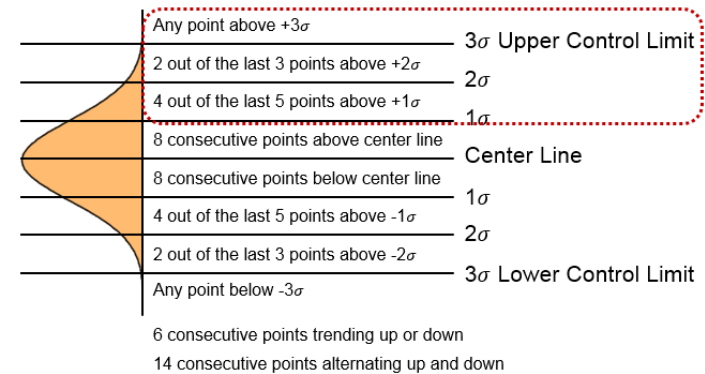
지정편차를 초과했는가?

Yes

편차초과를 지속했는가?

Yes

누수확정 및 위치프로세스 가동



No

종료

3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

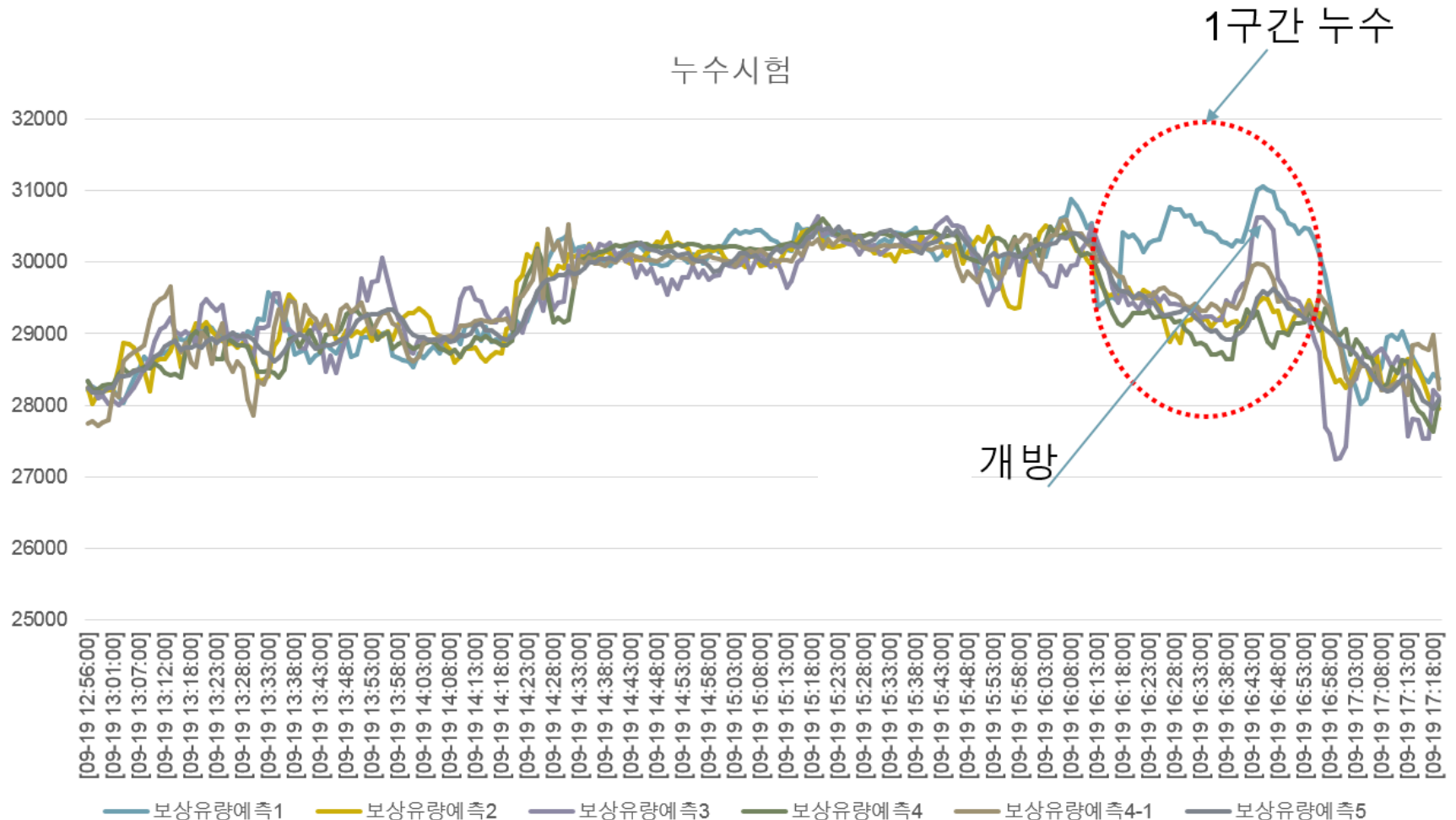
■ 누수인지 및 누수 지점

- 누수지점 프로세스 : Hunting Data와 학습오차 해소방안 마련 필요
=> 이동평균 필터 사용



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

■ 누수인지 및 누수 지점(변경)



3-1. 광역상수도 실시간 누수예측

■ 학습 → 당시

● 누수지점 감지 능력[전체]

	1구간	2구간	3구간	4구간	5구간
개수	140	39	8	33	0
확률	64%	18%	4%	15%	0%

● 누수지점 감지 능력[충분한 누수량]

11:30 - 11:40					
	1구간	2구간	3구간	4구간	5구간
개수	56	8	1	0	0
확률	86%	12%	2%	0%	0%

3-2 수송에너지 절감기술

■ 취송수 펌프요금 최소화

- 목표 : 전력요금체제와 저장탱크 용량을 고려한 최적 용수공급
- 제약 : 배수지, 저류조 관리권 이원화로 인한 이용제약 발생

※ 전력요금체제 : 경부하와 최대부하 3배 차이(한전 전기요금표 참조)

구 분	기본요금 (원/kW)	전력량요금(원/kWh)			비고
		여름철 (7~8월)	봄가을철 (3~6, 9~10월)	겨울철 (11~2월)	
산업용을 고압A	경부하	61.6	61.6	68.6	10시간
	중간부하	114.5	84.1	114.7	9시간
	최대부하	196.6	114.8	172.2	5시간

※ 2016년도 전력사용량 : 1,450억원/년(전력원단위 참조)

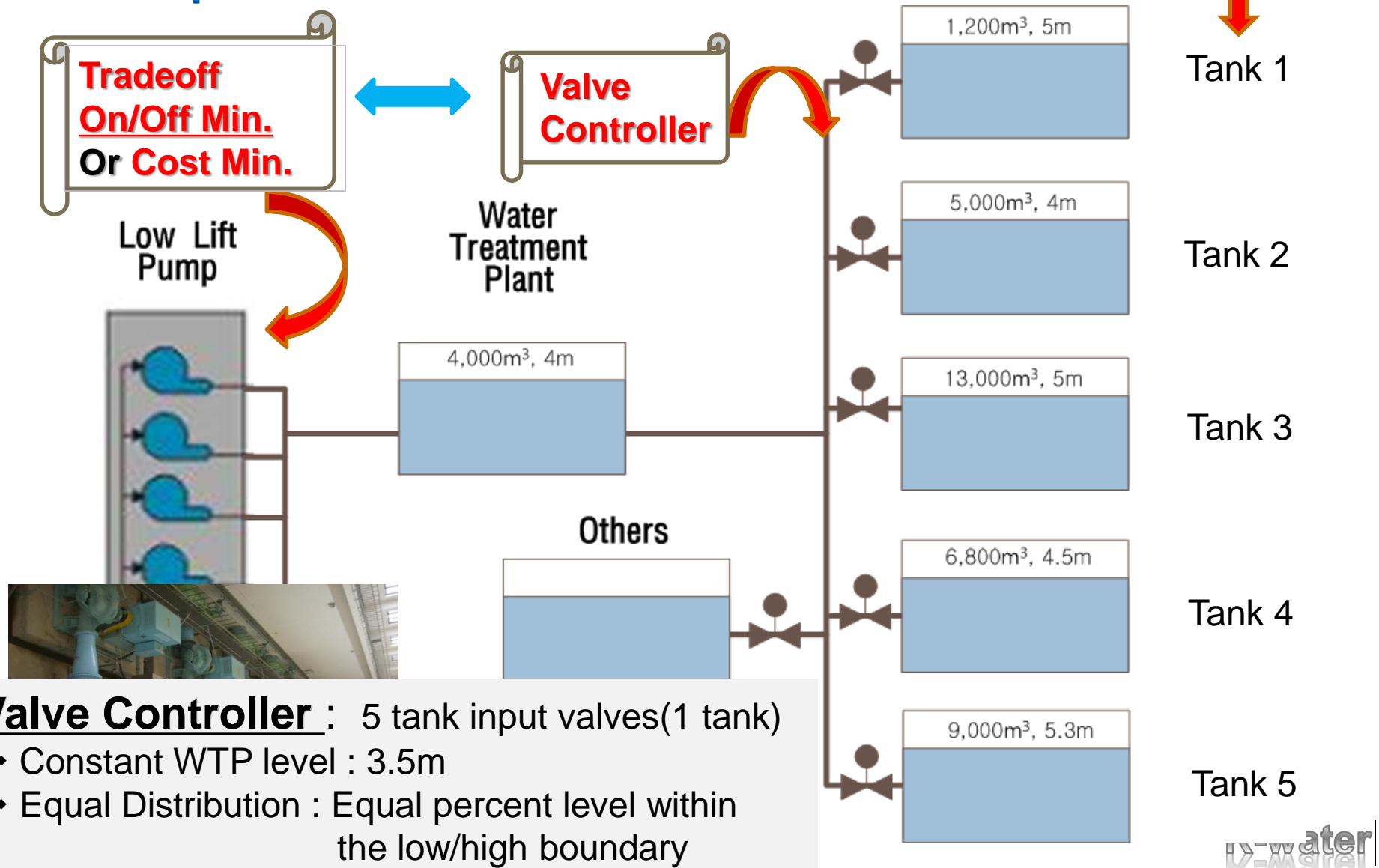
구 분	전력사용량(kWh)	기타사용량(kWh)	전력요금(원)
계	1,292,358,109	12,159,192.97	145,031,035,510

※ 전국 배수지 및 가압장 수량(국가통계포털 KOSIS 2015 참조)

구 분	배수지수	가압장
전 국	2,063	3,828

Pump Control : WTP level , Tank level

- ❖ On/Off Min : Operation at the low/high level
- ❖ Cost Min. : Operation at the varying target levels by flow prediction and load shift



Valve Controller : 5 tank input valves(1 tank)

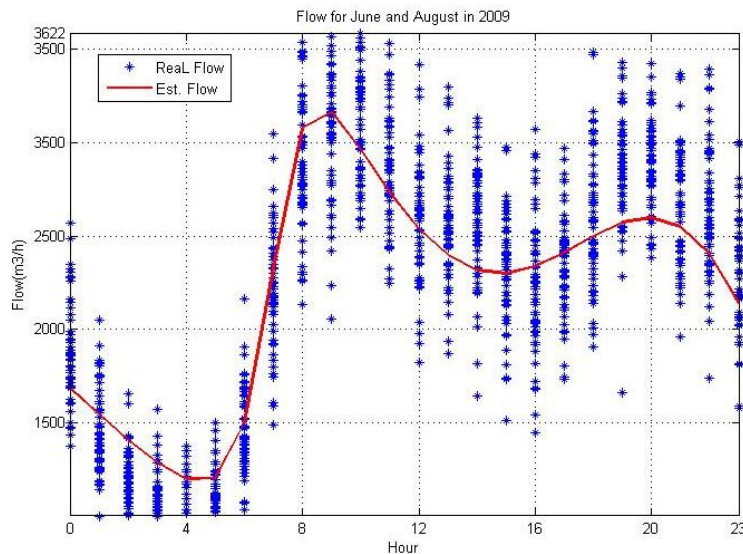
- ❖ Constant WTP level : 3.5m
- ❖ Equal Distribution : Equal percent level within the low/high boundary

3-2 수송에너지 절감기술

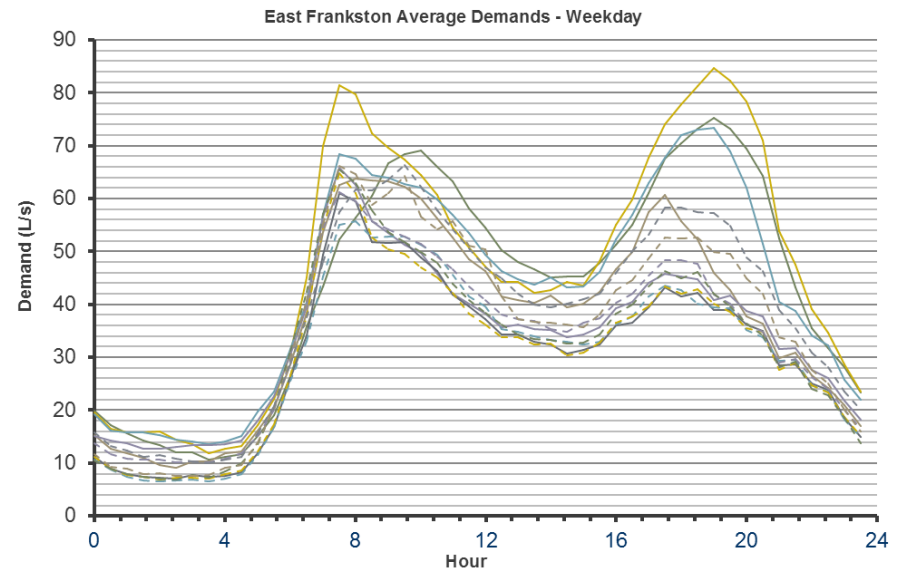
■ 용수 수요예측

● 시간대별 수요량 예측

- 유량자료 (7~8월), 고려대상 : 시간,계절,온도 등
- 적용알고리즘 : 뉴로퍼지, MLP, SVR 등 (MLR은 부적합)



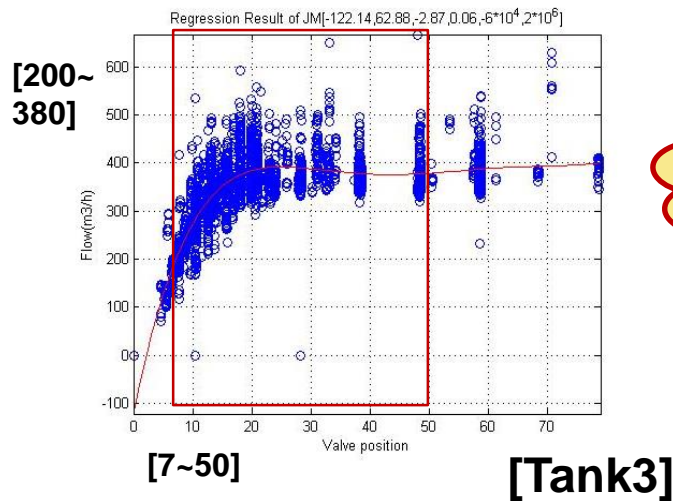
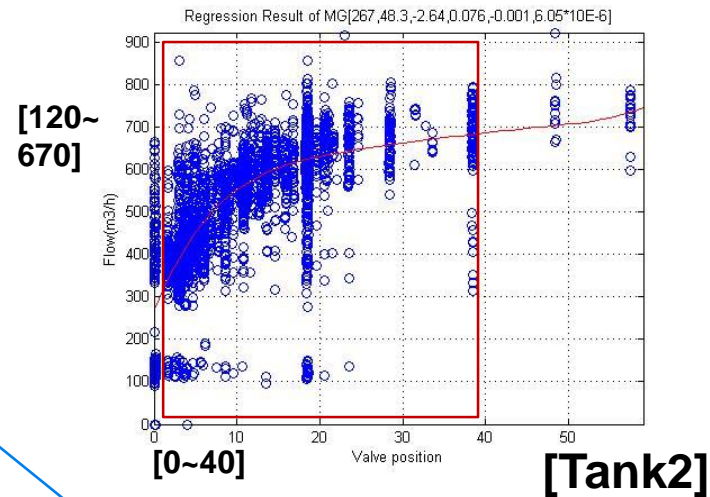
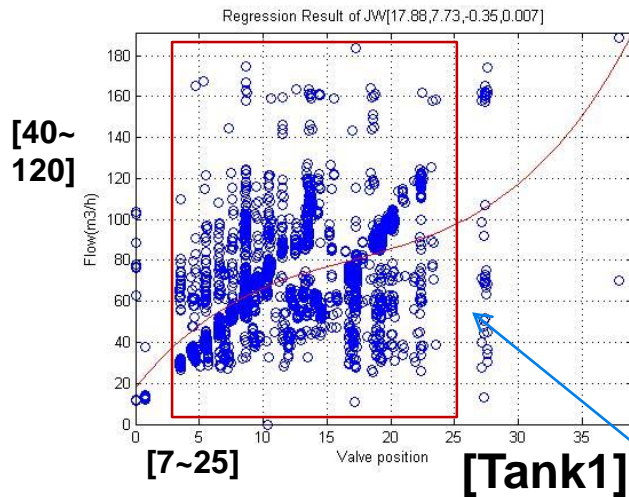
[Estimation Result]



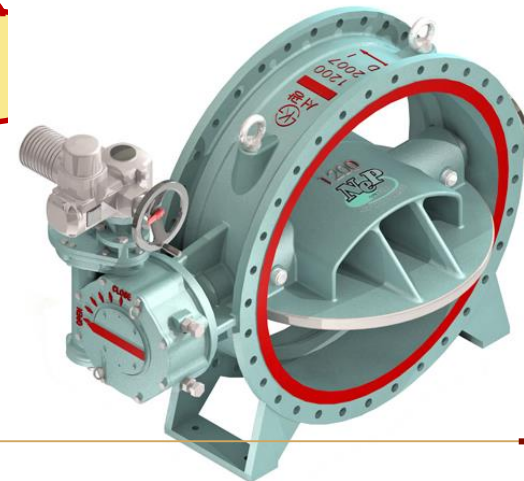
[Australian Result]

3-2 수송에너지 절감기술

■ 밸브 제어



vulnerable to
big tanks



3-2 수송에너지 절감기술

■ 예상 효과

➤ Spring & Fall

Fee	Before (Big 2, Small 1)		After (Big 4)	
	HV A, Type I	HV A, Type II	HV B, Type I	HV B, Type II
Basic Fee(won)	5,815,950	6,709,150	10,000,000	11,000,000
Usage Fee(won)	34,417,993	32,435,295	28,174,950	25,670,250
Sum (won)	40,233,943	39,144,445	38,174,950	36,670,250

➤ Summer

Fee	Before (Big 2, Small1)		After (Big 4)	
	HV A, Type I	HV A, Type II	HV B, Type I	HV B, Type II
Basic Fee(won)	5,815,950	6,709,150	10,000,000	11,000,000
Usage Fee(won)	46,598,805	44,095,528	31,678,650	28,026,450
Sum (won)	52,414,755	50,804,678	41,678,650	39,026,450

● 절감금액

➡ **60,977,050 won/year**

➤ Winter

Fee	Before (Big 2, Small 1)		After (Big 4)	
	HV A, Type I	HV A, Type II	HV B, Type I	HV B, Type II
Basic Fee(won)	5,815,950	6,709,150	10,000,000	11,000,000
Usage Fee(won)	40,376,643	37,876,893	30,441,937	27,942,187
Sum (won)	46,192,593	44,586,043	40,441,937	38,942,187

감사합니다

