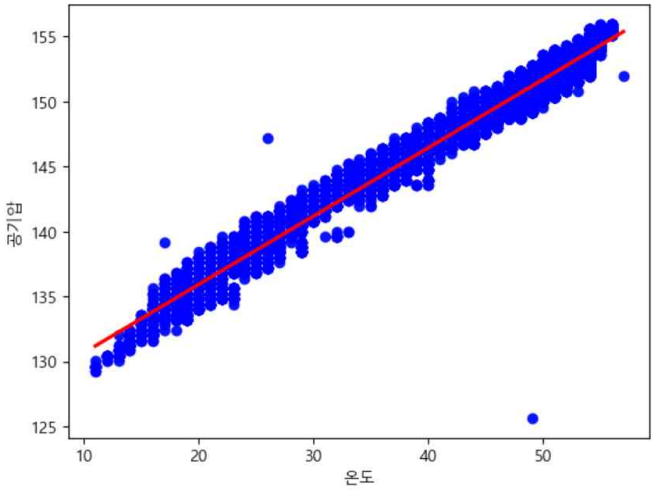


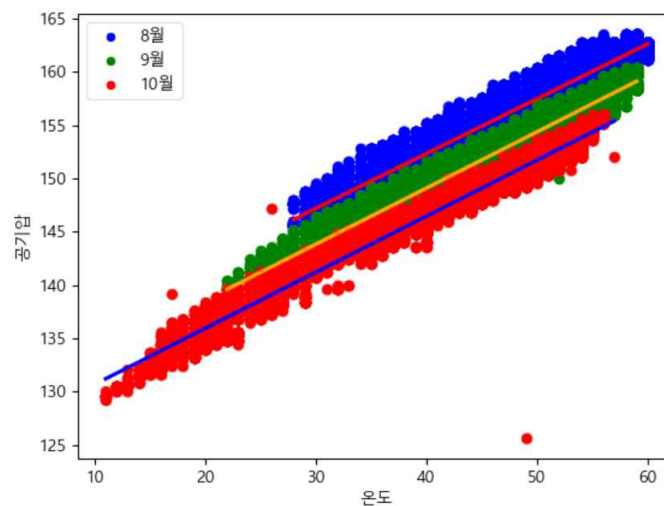
# 연구 내용

과 제 명	딥러닝 기반 경전철 타이어 상태진단 알고리즘 개발
회의일자	2023-11-15
내 용	<b>연구목적:</b> 회귀 분석을 통한 경전철 타이어 공기압 판별 시스템
	<b>연구 내용 및 결과:</b> <input checked="" type="checkbox"/> 경전철 타이어에서 발생하는 내부 온도, 압력 센서 데이터를 회귀 분석을 통해 예측된 회귀선의 차이를 비교하여 공기압의 상태 판별  - 경전철 타이어의 내부 온도, 압력 데이터 수집 <ul style="list-style-type: none"> <li>경전철 실주행 계측데이터 중 23년 8월 ~ 10월 402편성 6호차의 LR 타이어의 데이터 수집</li> </ul> - 경전철 타이어의 내부 온도, 압력 데이터 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>경전철 타이어 온도, 공기압 간의 상관관계 분석을 통한 선형적 관계 분석수행               <ul style="list-style-type: none"> <li>연속형 데이터에 쓰이는 상관관계 분석인 피어슨(Pearson) 상관분석 수행</li> <li>아래 산점도를 통해 알 수 있듯 온도 및 공기압의 데이터가 연속형임을 확인</li> </ul> </li> </ul>
	 <p>타이어 내부 온도와 공기압의 데이터 분포 산점도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pearson 상관관계 : 두 연속형 변수 간의 선형적 관계의 강도와 방향을 측정하며, 두 변수가 정규 분포를 따르고 선형적인 관계가 있는 경우 잘 작동하며 -1 ~ 1 사이의 값을 가지며, 값이 +1이면 완벽한 양의 선형관계를, -1이면 완벽한 음의 선형관계를, 0이면 선형관계가 없음을 의미.</li> <li>분석 결과 계수 0.96으로 완벽에 가까운 양의 선형관계를 확인</li> <li>즉 온도가 올라갈수록 공기압 또한 높아짐을 알 수 있음</li> </ul>



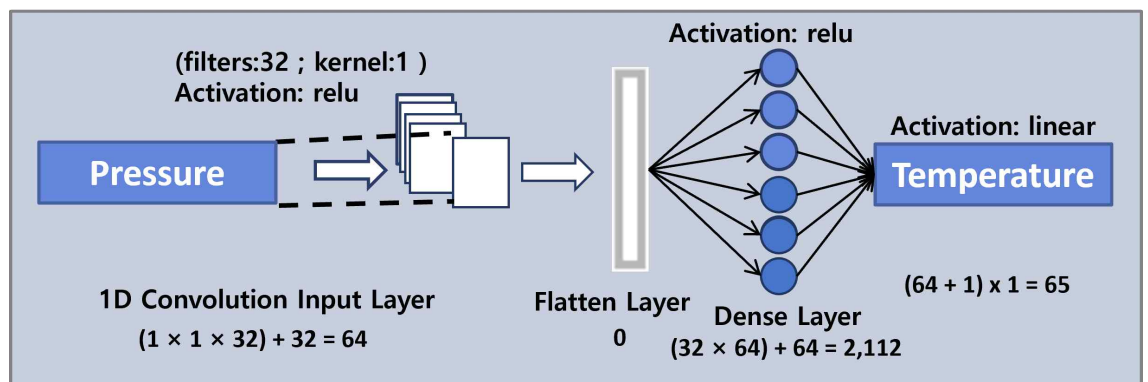
온도와 압력의 상관계수

- 경전철 타이어 온도, 공기압의 월별 데이터 분석
  - 8, 9, 10월의 데이터 분포도 비교 및 예상 회귀선 비교 분석
  - 분석 결과 8월에서 10월로 갈수록 온도와 공기압 모두 낮아지는 것을 확인
  - 그에 따른 회귀선의 차이를 보임 따라서 회귀 분석을 통해 얻은 회귀선의 평균값을 비교하는 것으로, 공기압의 평균 차이 단위(PSI) 정도의 차이를 확인 가능



월별 타이어 온도, 공기압 분포도 및 예상 회귀선

- 딥러닝 기반 모델을 사용한 온도, 공기압의 회귀 분석을 위한 모델 학습 및 평가
  - 딥러닝 기반 회귀 분석 모델 선정
    - 4차년도에 사용된 타이어 마모도 별 상태분류에 쓰인 1D-CNN 알고리즘을 기반으로 한 회귀 모델 설계



딥러닝 1D-CNN 기반 회귀 모델 구조

- 딥러닝 기반 회귀 분석 모델 학습
  - 수집된 402편성 6호차의 LR 타이어의 8 ~ 10월 계측 데이터 중 8월 데이터를 학습해 온도와 공기압의 회귀식을 사용한 모델 생성

- 딥러닝 기반 회귀 분석 모델 평가

- ▶ 9월, 10월 데이터로 평가 진행
- ▶ Mean Absolute Error (MAE) - 평균 절대 오차: 실제값과 예측값의 차이를 절대값으로 변환해 평균한 것입니다. 이 값이 작을수록 모델의 성능이 좋다고 판단함.
- ▶ Mean Squared Error (MSE) - 평균 제곱 오차: 실제값과 예측값의 차이를 제곱해 평균한 것입니다. MSE는 오차의 제곱을 사용하기 때문에 MAE에 비해 큰 오차에 더 큰 패널티를 주는 특성이 있음.
- ▶ Root Mean Squared Error (RMSE) - 제곱근 평균 제곱 오차: MSE에 루트를 씌운 값으로, RMSE는 MSE와 같이 큰 오차에 큰 패널티를 주는 특성을 가지고 있으며, MSE와 달리 원래 값과 같은 단위를 가지고 있어 해석이 더 용이함.
- ▶ R-Squared ( $R^2$ ) - 결정 계수: 회귀 모델이 얼마나 데이터에 잘 적합하는지를 나타내는 지표로, 1에 가까울수록 모델이 데이터를 잘 설명하고 있다고 볼 수 있음.

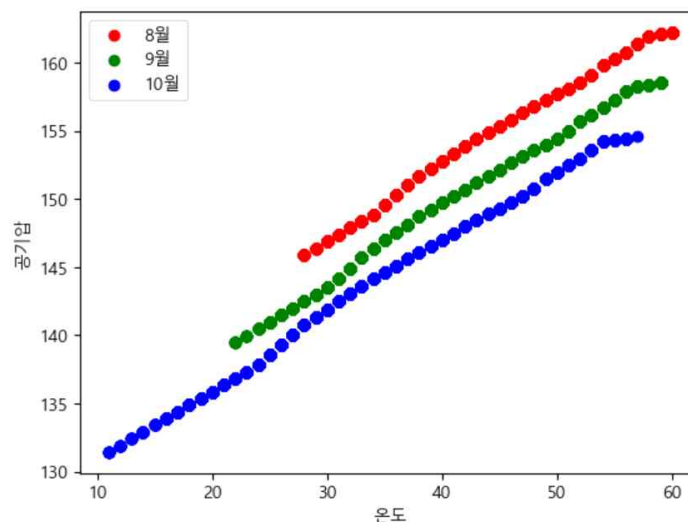
data	성능평가지표			
	MAE	MSE	RMSE	R2 Score
9월	0.21	0.06	0.25	93.38%
10월	0.15	0.03	0.18	96.64%

딥러닝 기반 공기압 예측 회귀 모델 평가 지표

- ▶ R2 Score 93%이상으로 모델이 데이터를 잘 설명하고 있으며, 전체적으로 낮은 오차 범위를 보여 온도에 따른 공기압의 예측이 잘 이루어 진다고 볼 수 있음

- 딥러닝 1D-CNN 기반 회귀 분석 모델을 사용한 월별 온도에 따른 공기압 비교 분석

- 8월 데이터로 학습한 기학습된 회귀 분석 모델을 사용하여 월별 온도에 따른 예측 공기압 비교 분석
- ▶ 분석 결과 월별 공기압의 차이가 있음을 명확하게 알 수 있음

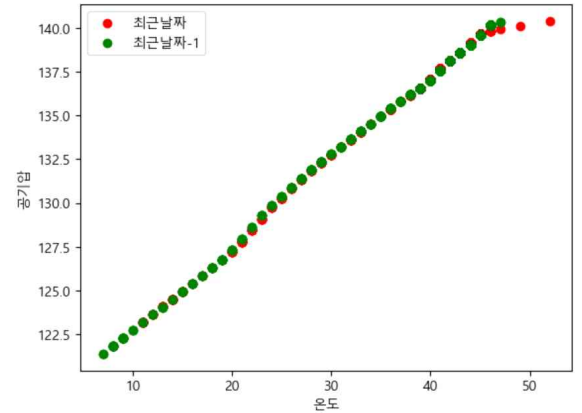
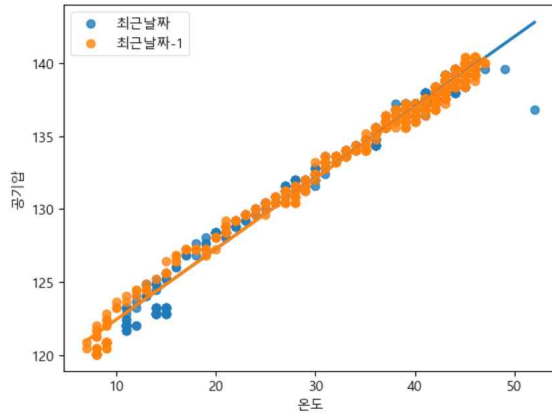


월별 온도에 따른 예측 공기압 차이

- 딥러닝 1D-CNN 기반 회귀 분석 모델을 사용한 일별 온도에 따른 공기압 차이를 통한 공기압 상태 판별

- 공기압 이상치 판단 기준 선정
  - ▶ 위에서 비교한 월별 공기압의 차이가 약 5psi 정도 임으로 최근 날짜와 최근 날짜의 전 날의 공기압 평균 차이가 10PSI 이상이면 공기압 상태를 이상으로 판별
- 기학습된 1D-CNN 모델을 사용한 일별 온도에 따른 공기압 차이를 통한 공기압 상태 판별
  - ▶ 현재 DB에 수집되고 있는 경전철 실노선 데이터 중 타이어 별로 최근 날짜와 최근 날짜

의 전날의 온도 데이터를 통해 기학습된 1D-CNN 모델에 추론하여 나온 공기압 값의 평균을 비교



최근 날짜와 그 전날의 실제 데이터 분포도

최근 날짜와 그 전날의 예측된 공기압의 차이

- ▶ 분석 결과 일별 평균 공기압 차이는 1psi 미만으로 10psi 이상 차이 나면 타이어에 이상이 있음을 충분히 가정할 수 있다.

- 딥러닝 1D-CNN 기반 회귀 분석 모델을 사용한 일별 온도에 따른 공기압 차이를 보여주기 위한 컬럼 추가

- 타이어 상태 컬럼 과 공기압 차이를 보여주기 위한 컬럼 추가

- ▶ 현재 네모시스 DB에 STATUS\_SCORE\_RECEIVE 테이블에 status\_score 컬럼은 타이어의 상태로 정상이면 0 이상이면 1로만 보여주고 있어 실제 공기압의 차이를 보여주기 위한 컬럼 추가 시 평균 공기압 차이(예:0.315307(psi)) 값을 DB에 저장 가능

ABC TIRE_ID	1	VARCHAR2(30)	[v]	편성코드
123 STATUS_SCORE	2	NUMBER(3,0)	[ ]	상태점수
123 REG_USER_ID	3	NUMBER	[ ]	등록자아이디
🕒 REG_DTTM	4	DATE	[ ]	등록일시
123 MOD_USER_ID	5	NUMBER	[ ]	수정자아이디
🕒 MOD_DTTM	6	DATE	[ ]	수정일시