

LG계약학과 제어시스템전공 2025년 동계 집중교육 특강

AI 기반 SW 설계를 위한 이론 및 실무 I

안상태 교수

2026년 2월 10일 (화)

1. 머신러닝 기초

1.1 인간을 닮은 기계를 만들기 위한 노력

- 머신러닝: 1959년에 아서 새뮤얼이 체커스 프로그램을 이용한 실험 결과를 발표하면서 처음 사용



1.1 인간을 닮은 기계를 만들기 위한 노력

- 1950년대에 IBM 의 아서 새뮤얼 Arthur Samuel 은 최초의 상업용 컴퓨터 IBM 701로 체커스 checkers 라는 소프트웨어를 개발
 - 인간의 전유물이었던 규칙에 기반한 놀이를 컴퓨터도 할 수 있음을 보임

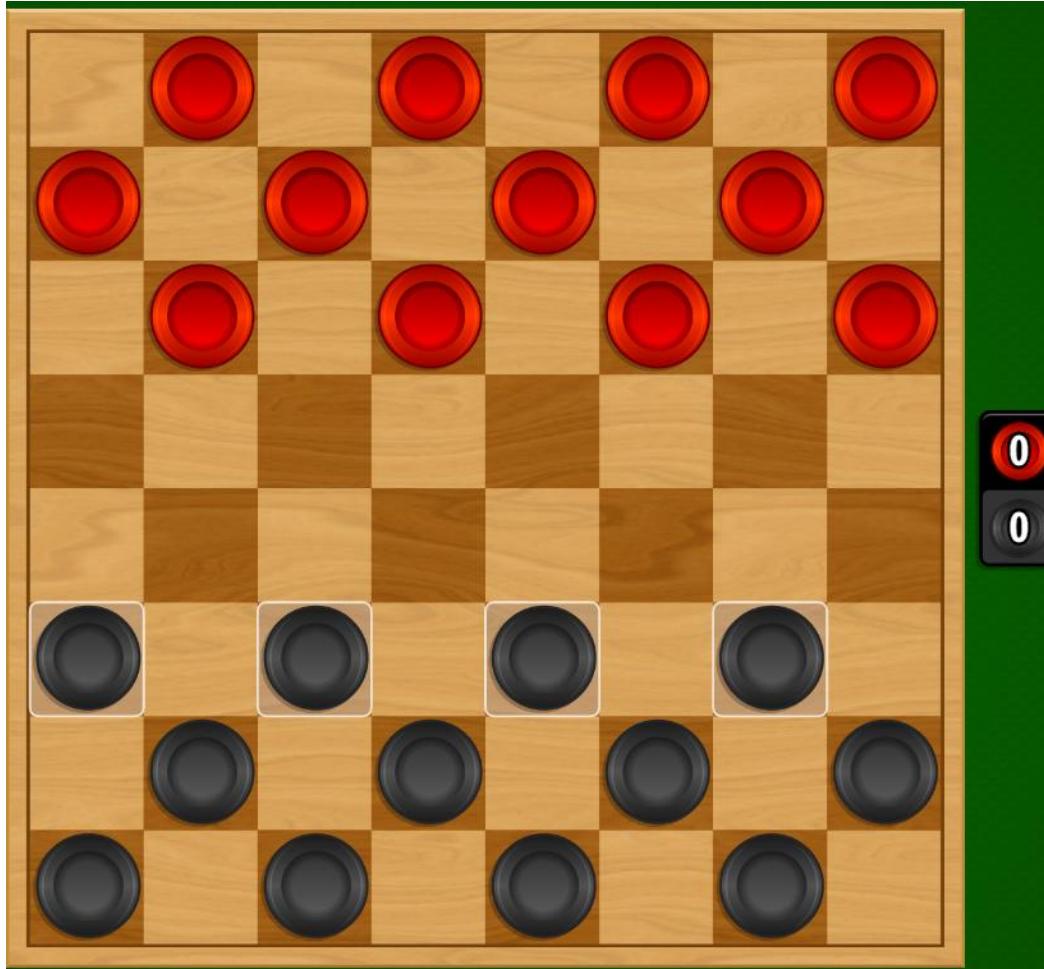


1.1 인간을 닮은 기계를 만들기 위한 노력

- <https://www.247checkers.com/>



1.1 인간을 닮은 기계를 만들기 위한 노력



1.2 생각하기 시작하는 기계

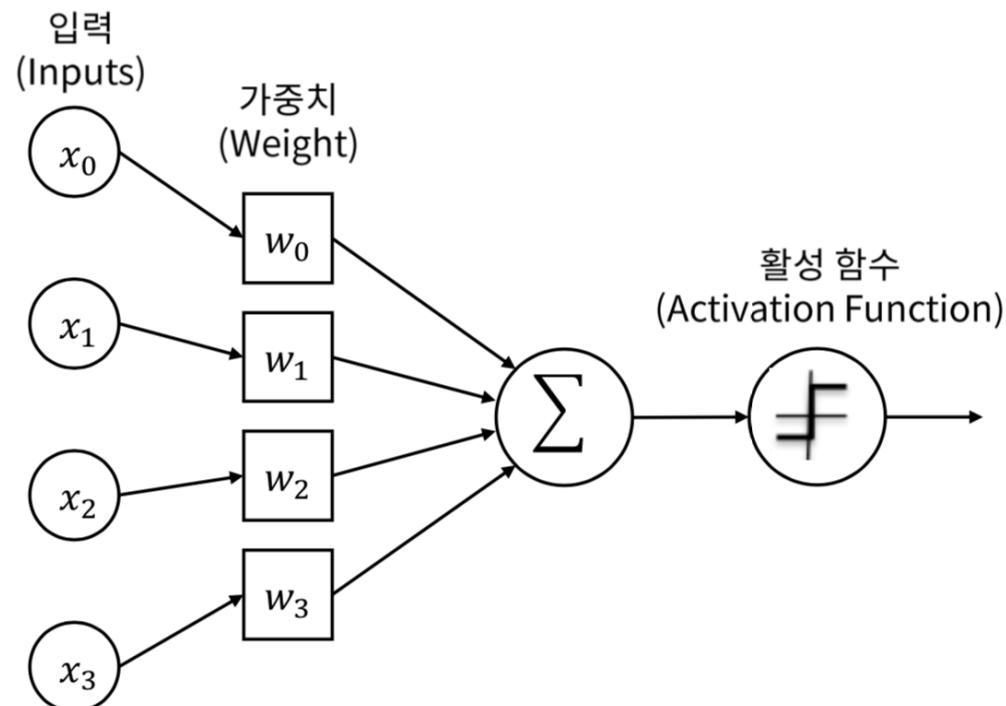
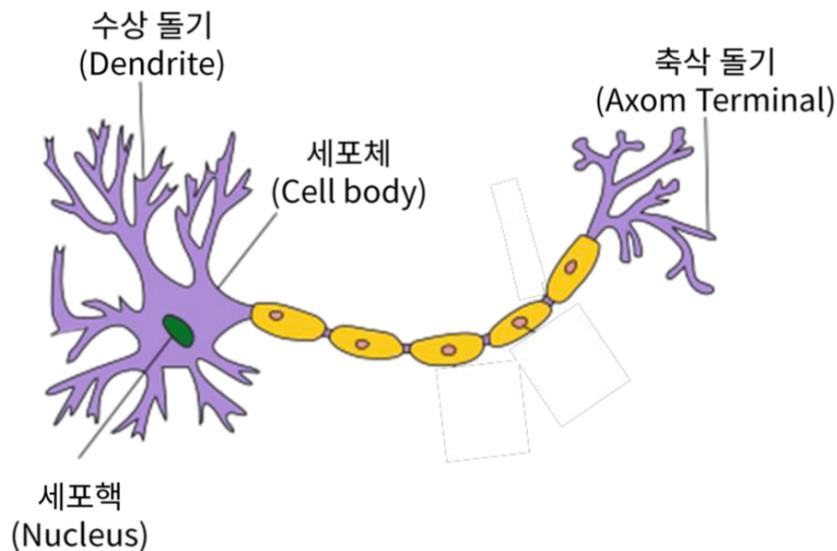
- 튜링이 “생각하는 기계”를 정의한 이후에도 인공지능에 대한 합의된 정의는 아직 없다. 하지만 한 가지 공통적으로 요구되는 것이 있다.
→ 기계가 문제를 해결하는 방법을 스스로 찾는 것.
- 컴퓨터 프로그램이 많은 데이터를 경험하고 이 경험을 바탕으로 목표를 달성할 수 있도록 하는 알고리즘이 인공지능의 핵심

1.2 생각하기 시작하는 기계

- 인공지능 연구의 첫 번째 봄은 1960년대
- 1962년 이전 인공지능 연구에서는 여러 가지 시행착오를 탐색해 휴리스틱 *heuristics*을 찾는 것을 가장 중요하게 여김

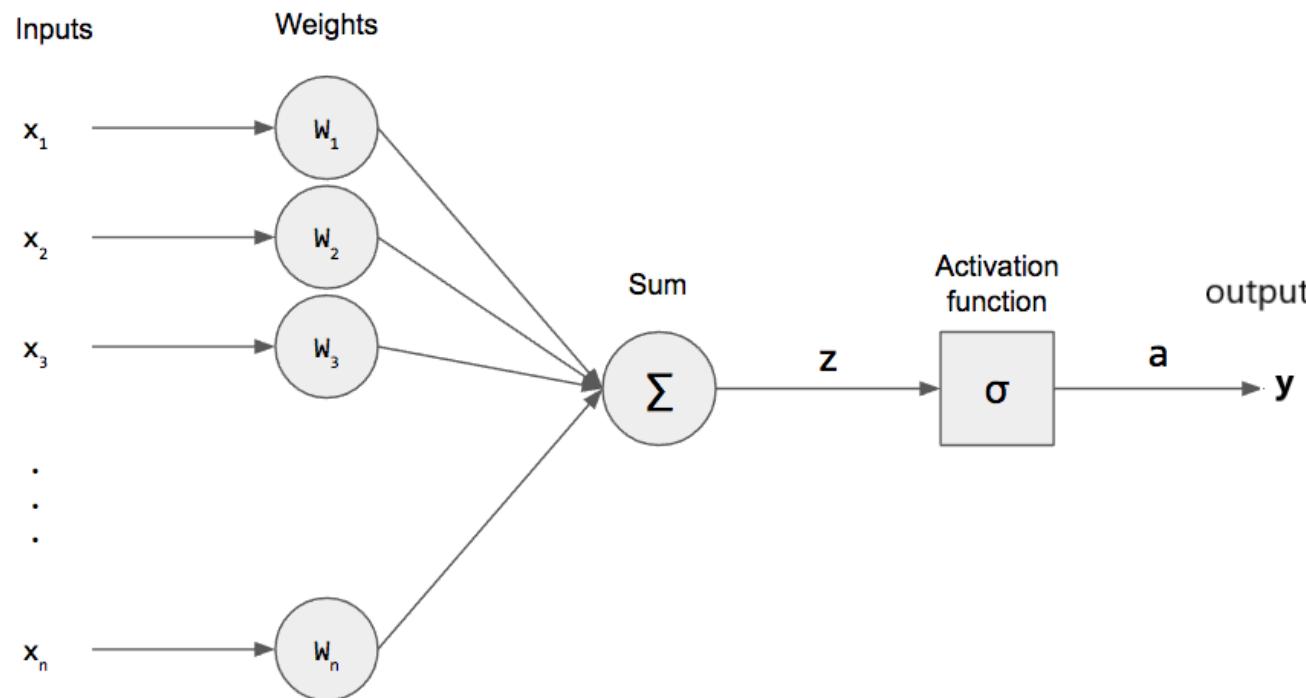
1.2 생각하기 시작하는 기계

- 1958년 Frank Rosenblatt : Perceptron (퍼셉트론)



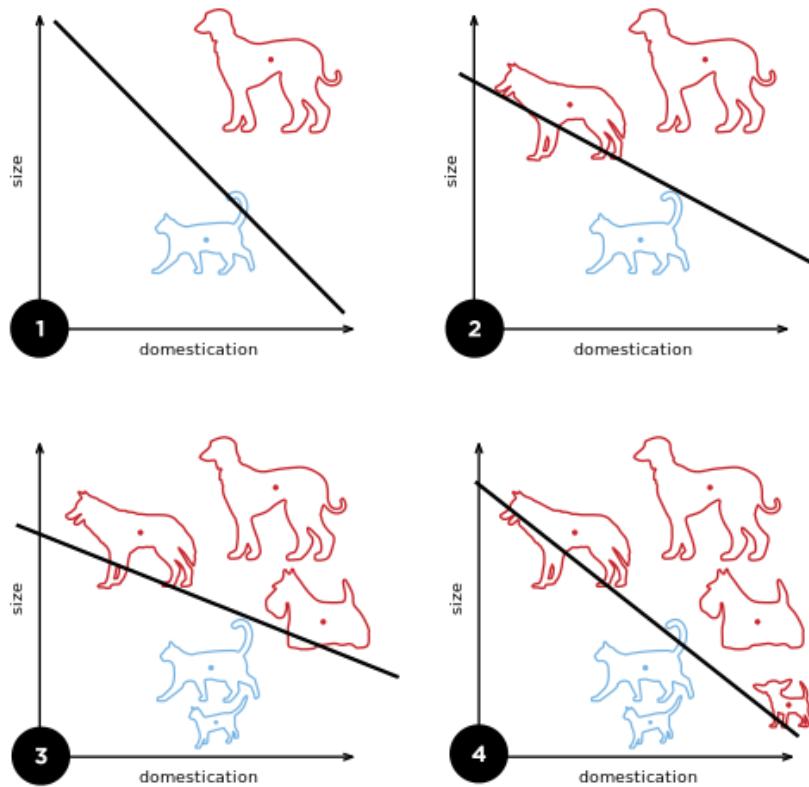
1.2 생각하기 시작하는 기계

- 단층 퍼셉트론



1.2 생각하기 시작하는 기계

- 분류 문제 : 데이터 추가에 따른 새로운 결정경계 (Decision Boundary) 생성



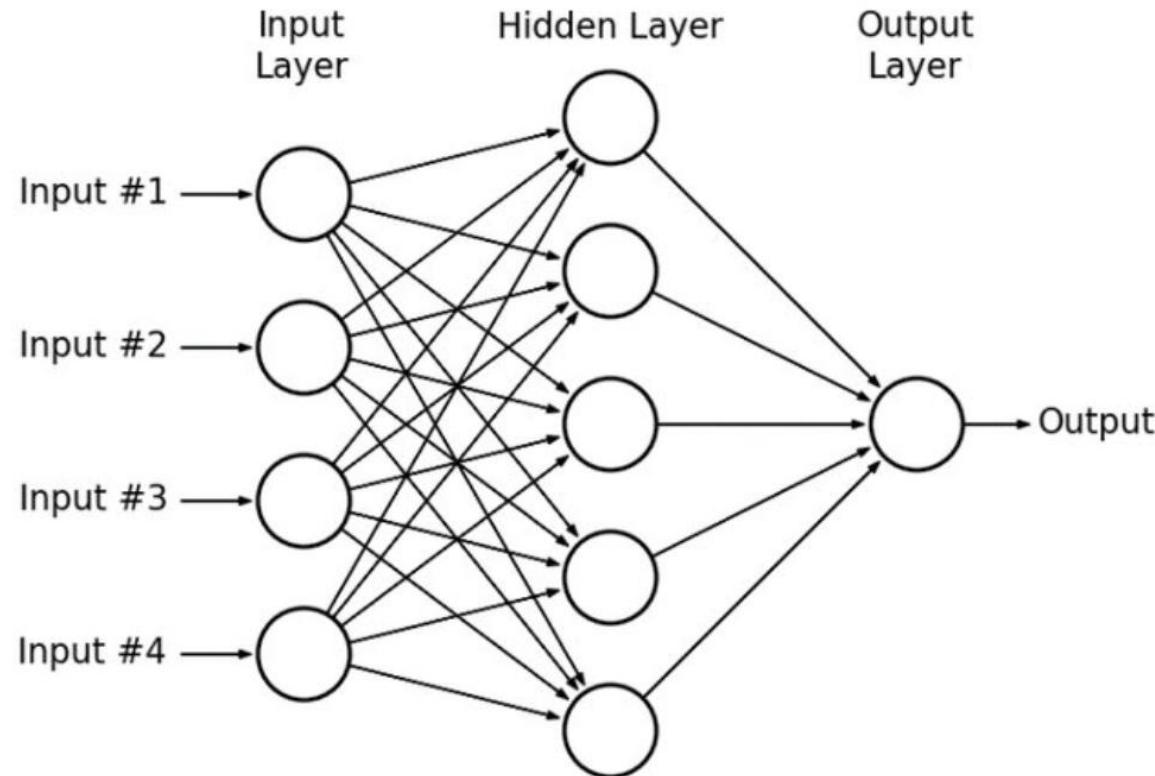
1.3 머신러닝의 격울과 봄

- 1969년 Marvin Minsky : XOR 문제 제기



1.3 머신러닝의 격울과 봄

- 다층퍼셉트론이 XOR문제를 해결할 수 있으나 학습 방법 부재

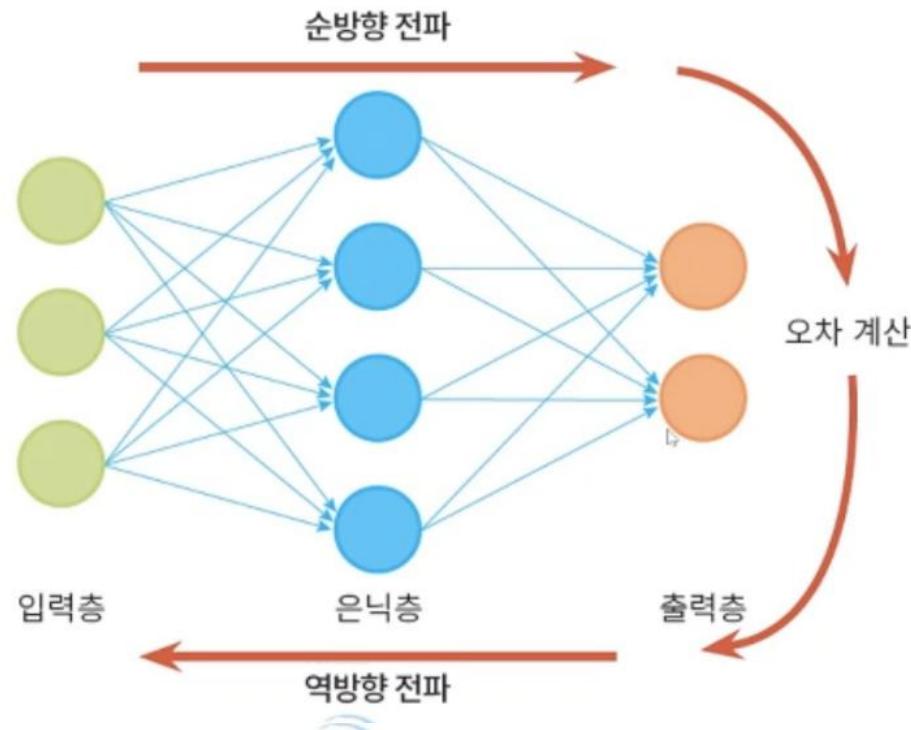


1.3 머신러닝의 겨울과 봄

- 1970년대 이후
- 기호주의symbolism : 문제와 논리, 탐색을 사람이 이해할 수 있는 기호로 표현하여 답을 찾으려고 하는 인공지능의 흐름
ex) 규칙 기반 인공지능
- 연결주의connectionism : 퍼셉트론처럼 연결 된 요소가 학습을 통해 해법을 스스로 찾도록 만들려는 방식을 이라고 부른다.
ex) 데이터 기반 인공지능

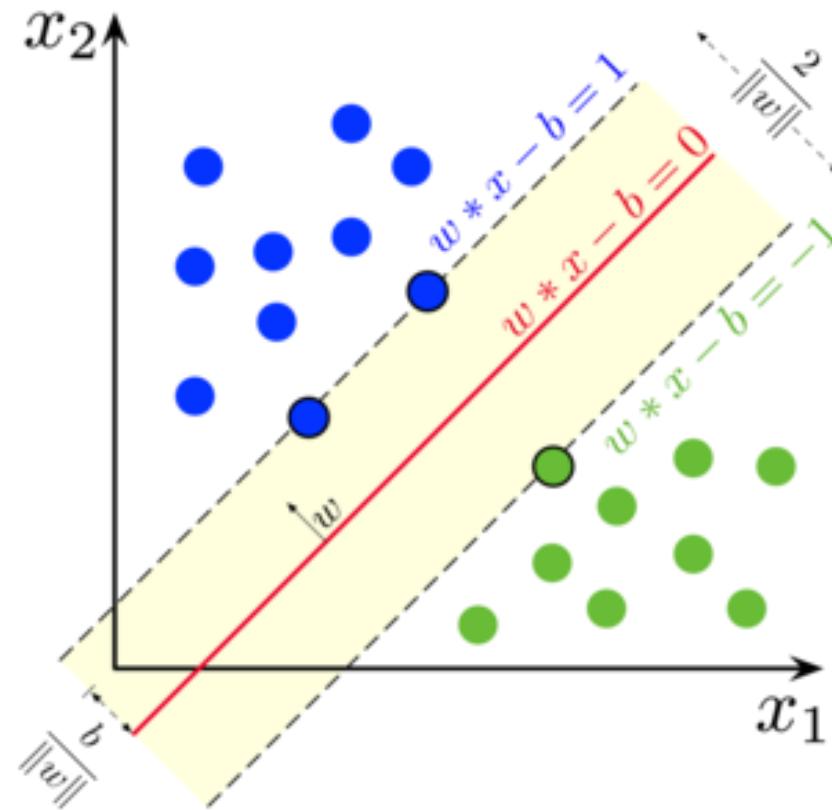
1.3 머신러닝의 겨울과 봄

- 1970년대 연결주의 쇠퇴기
- 1986년 Geoffrey Hinton
다층퍼셉트론을 학습할 수 있는 알고리즘 개발 : 오류역전파



1.3 머신러닝의 격울과 봄

- 1995년 Vladimir Vapnik : Support Vector Machine (SVM) 알고리즘 개발



1.3 머신러닝의 겨울과 봄

- 1997년: IBM 의 Deep Blue 가 체스 세계 챔피언을 이김
- 2000년대 이후 : 방대한 데이터와 하드웨어의 발전, 다양한 알고리즘 개발
- 2012년 : ImageNet에서 딥러닝 기반 AlexNet 우승



1.3 머신러닝의 겨울과 봄

- 2010년 이후 Python 기반 딥러닝 프레임워크 개발 및 배포



TensorFlow

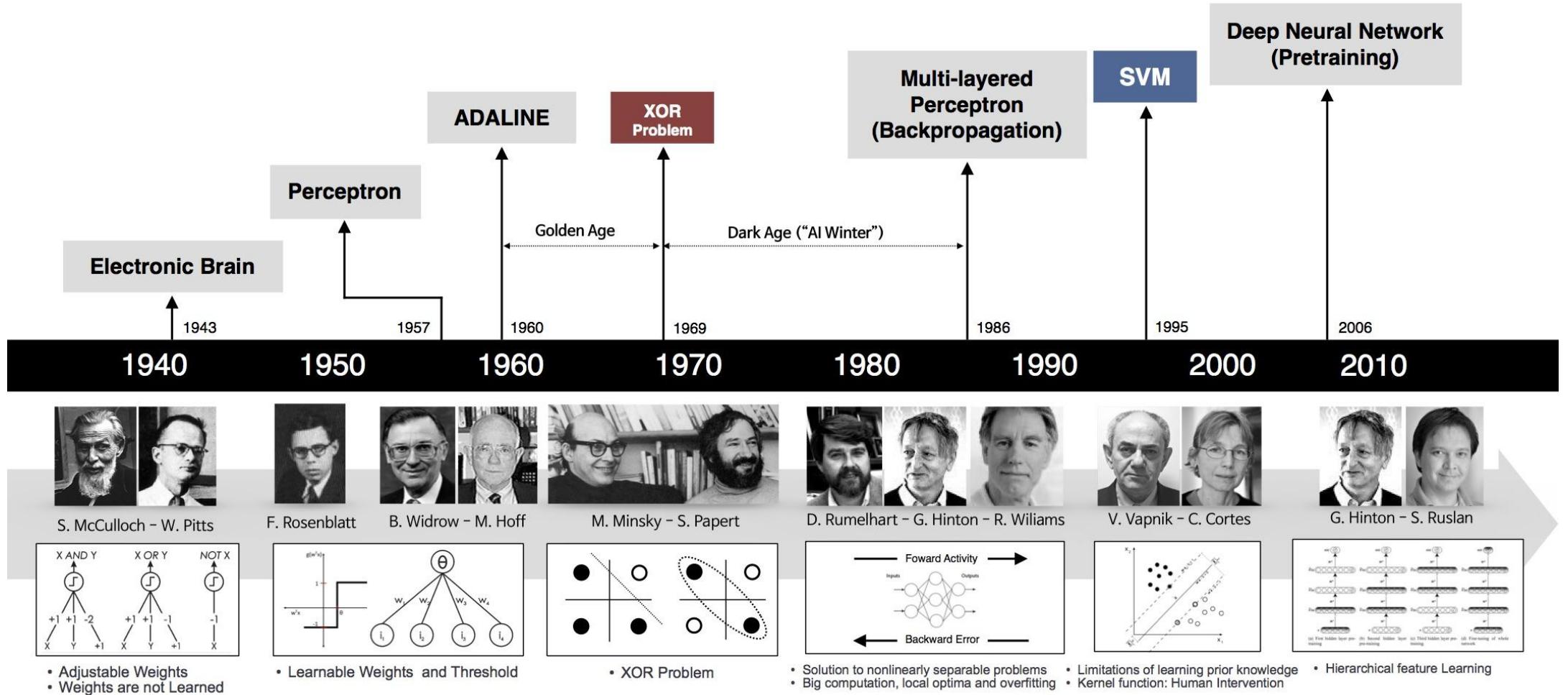


Keras



PyTorch

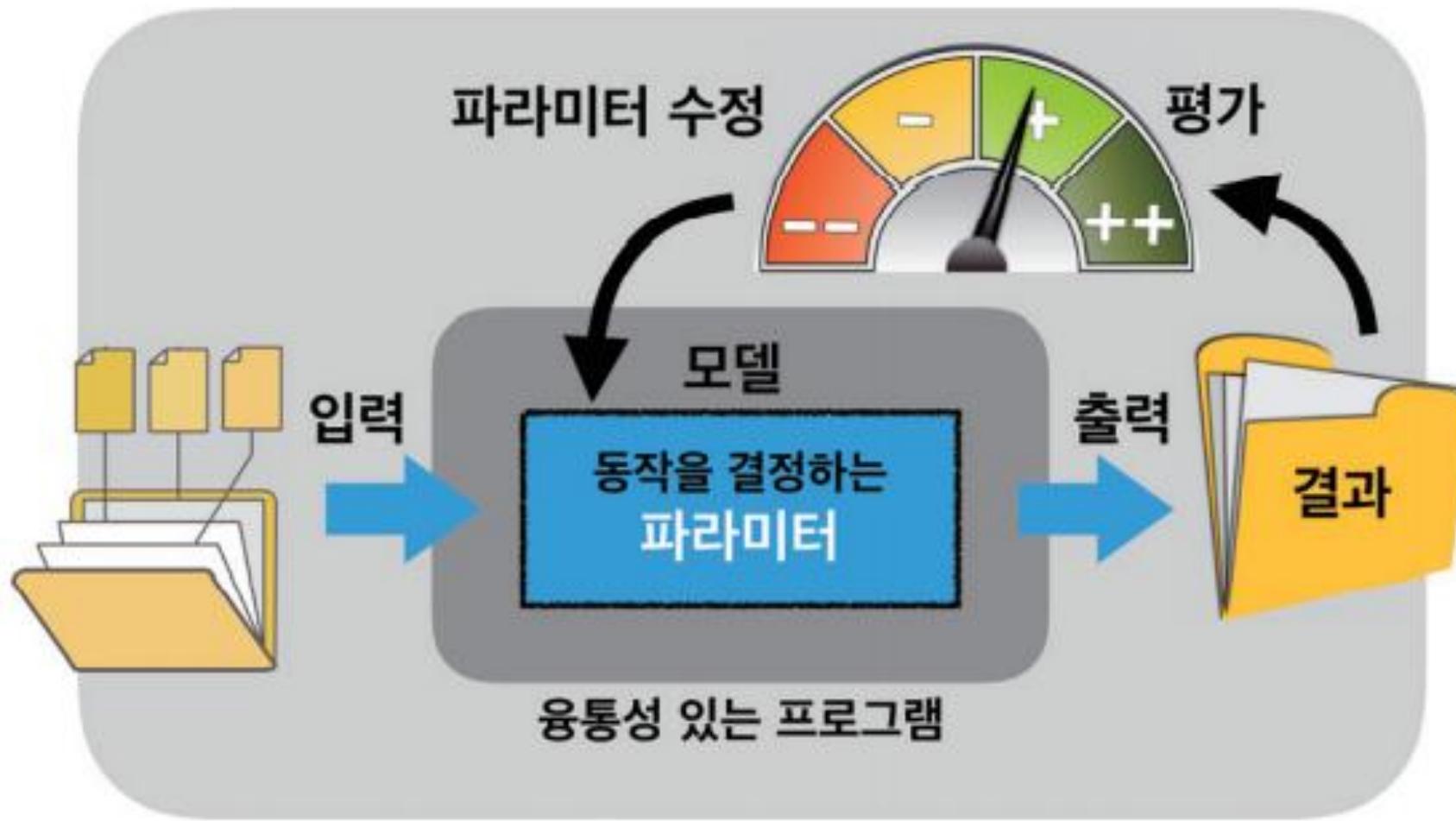
1.3 머신러닝의 격울과 봄



1.4 머신러닝은 무엇을 하려는 것인가?

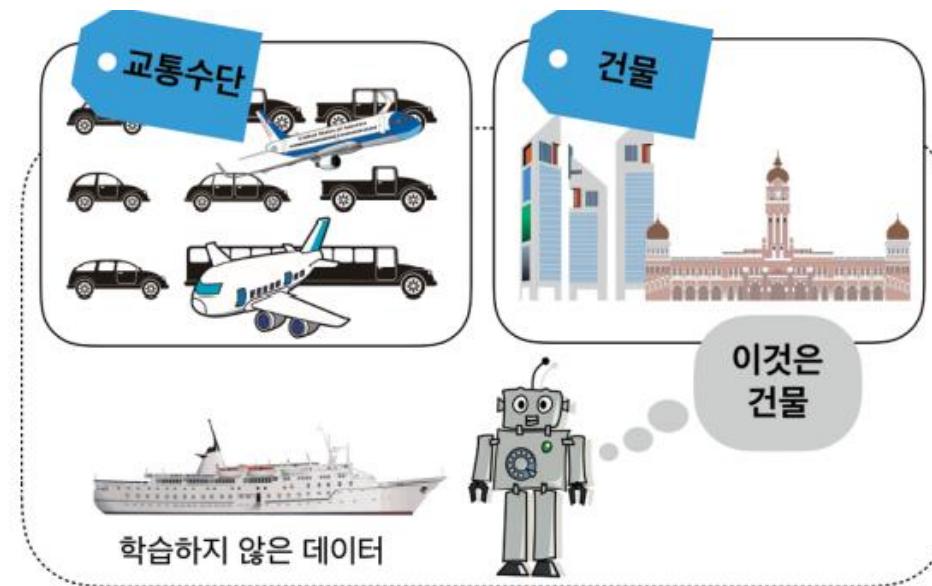
- 모델^{model} : 변경 가능한 파라미터^{parameter}에 의해 동작이 결정되는 프로그램
 - 파라미터가 바뀌면 동작도 바뀜
 - 데이터를 다양하게 제공하여 프로그램이 이 데이터를 얼마나 잘 처리하는지 확인
 - 학습^{learning} : 좋은 동작이 나오도록 파라미터를 변경하는 일

1.4 머신러닝은 무엇을 하려는 것인가?



1.5 머신러닝, 무엇이 문제일까?

- 머신러닝 : 파라미터에 따라 동작하는 알고리즘 algorithm을 선택하고, 이 알고리즘에 데이터를 제공하여 알고리즘이 더 나은 동작을 하도록 파라미터를 수정하는 것
- 머신러닝의 핵심적인 문제는 알고리즘과 데이터



1.5 머신러닝, 무엇이 문제일까?

- 데이터 편향 *data bias* - 확보된 데이터가 대표하는 모집단의 분포를 제대로 반영하지 못하고 일부의 특성만을 가지고 있는 경우
 - 편향의 원인은 두 가지
 - 너무 적은 수의 표본을 추출한 경우
 - 표집 방법이 잘못되어 모집단에 속한 대상을 골고루 추출하지 못 하는 경우.
- 부정확성 *inaccuracy* - 데이터의 품질이 낮아 많은 오류와 이상치, 잡음을 포함하고 있는 경우
- 무관함 *irrelavance* - 데이터는 많이 확보했지만, 이 데이터가 담고 있는 특성들이 학습하려고 하는 문제와는 무관한 데이터

1.6 Python

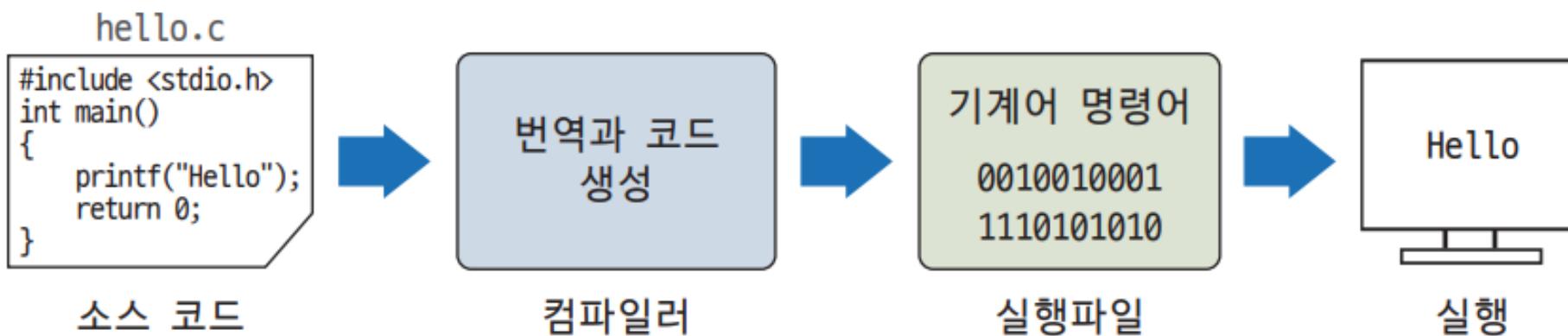
- 파이썬 Python은 귀도 반 로섬 Guido van Rossum이 1991년에 개발한 대화형 프로그래밍 언어



- 파이썬의 특징 중에 하나는 정수, 부동소수점, 문자와 같은 전통적인 자료형 data type 뿐만 아니라, 데이터 묶음을 처리하기에 편리한 리스트, 튜플, 딕셔너리, 집합과 같은 자료형을 기본으로 제공
- 파이썬은 '객체지향 프로그래밍 언어'이며, 파이썬이 다루는 모든 자료형, 함수, 모듈은 객체

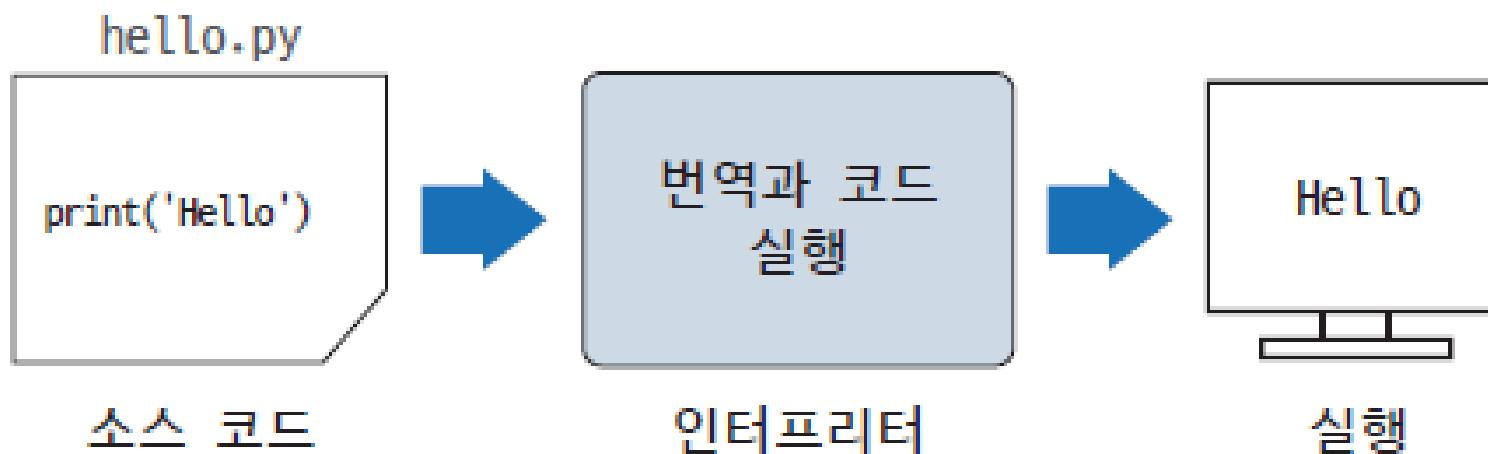
1.6 Python

- 컴파일 방식
 - 프로그램 명령어를 기계어로 번역한 후 이 기계어를 실행하는 방식
 - C, C++, 파스칼 언어등이 있음



1.6 Python

- 인터프리터 방식
 - 프로그램 명령어를 한 번에 한 줄씩 읽어 번역한 후 바로 실행
 - Python, JavaScript, Ruby, Matlab, BASIC 등의 언어가 있음



1.7 환경설정

- IDE (Integrated Development Environment)

통합개발환경: 효율적으로 소프트웨어를 개발하기 위한 통합개발환경
소프트웨어 어플리케이션 인터페이스



1.7 환경설정

- Visual Studio Code (VS Code)



Visual Studio Code

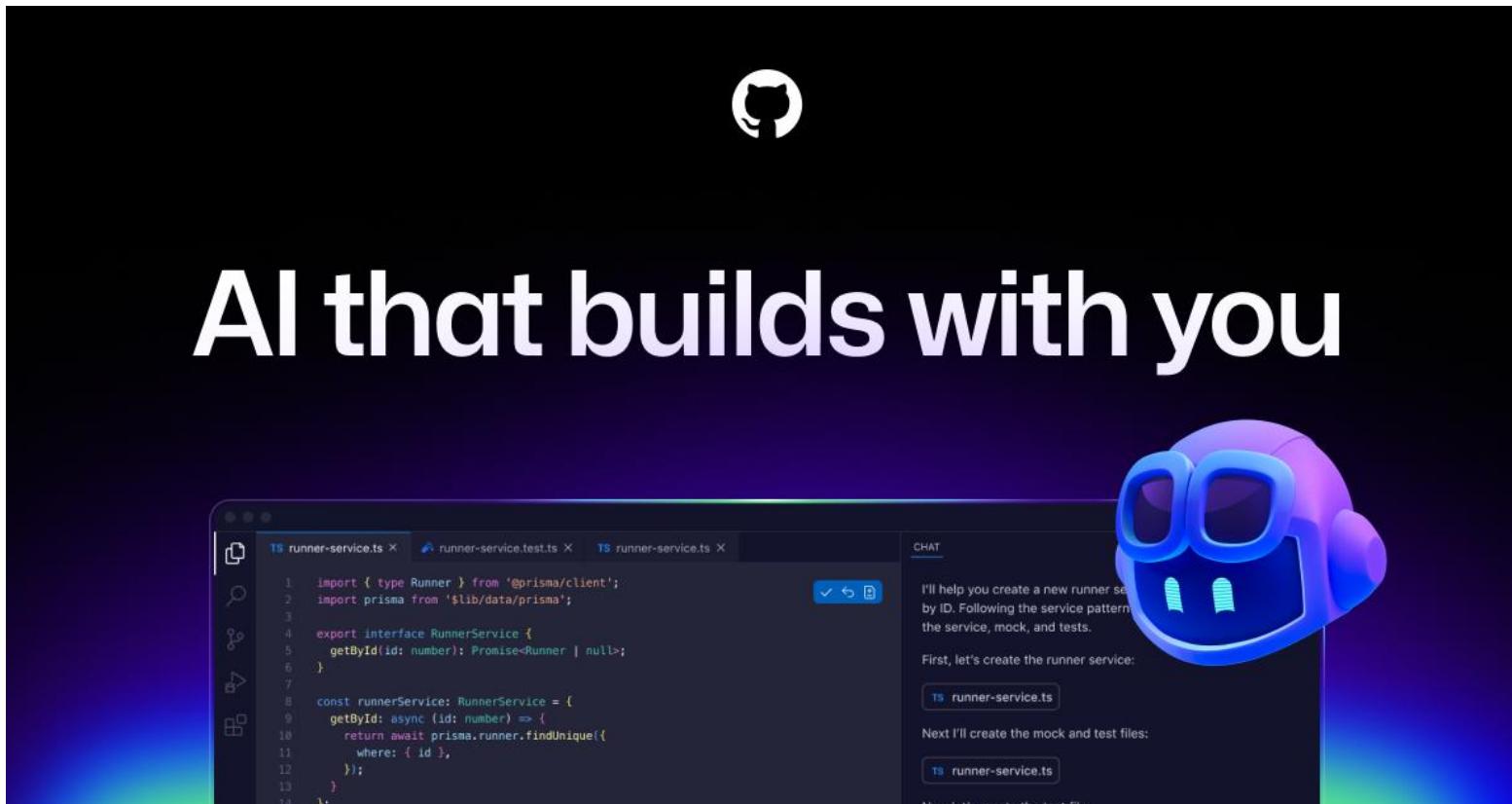
A screenshot of the Visual Studio Code interface. The Explorer sidebar shows a file tree for a 'CREATE-REACT-APP' project, including files like .github, .vscode, node_modules, public, and src (containing App.css, App.js, App.test.js, index.css, index.js, and logo.svg). The serviceWorker.js file is selected in the list. The main editor area displays the contents of serviceWorker.js, which handles service worker registration logic. The bottom status bar shows the file is on master*, has 0 changes, and is in JavaScript mode. The bottom right corner shows the code editor's status bar with 'Ln 34, Col 13' and other details.

```
serviceWorker.js — create-react-app
src > JS serviceWorker.js
28 // Our service worker won't work if PUBLIC_URL is on a different origin
29 // from what our page is served on. This might happen if a CDN is used
30 // serve assets; see https://github.com/facebook/create-react-app/issu
31 return;
32
33
34 window.addEventListener('load', () => {
35   const swURL = new URL(swUrl);
36   if (isLocalhost) {
37     // If this is a local page served from a browser, then `swURL` is
38     // the URL of this page. That is, it's a URL like `http://localhost:3000/`.
39     // To use `fetch` to load a different URL, you need to change
40     // `swURL` to that URL. For example, to load `http://localhost:3001/`,
41     // set `swURL = new URL('http://localhost:3001/');`. Otherwise,
42     // `fetch` will try to load `http://localhost:3000/` again, which
43     // would be redundant.
44     // Note that `isLocalhost` is `true` for local pages served from
45     // a browser, but not for local pages served from Node.js or for
46     // network pages.
47     // If you're running this service worker on a network page, then
48     // `swURL` is the URL of the network page. In that case, you
49     // want to use `fetch` to load the page's own URL, so that your
50     // service worker can be used by other pages on the same domain.
51     // To do that, set `swURL` to `new URL(this.location.href);`.
52   } else {
53     // Is not localhost. Just register service worker
      registerValidSW(swURL, config);
    }
  });
}

Compiled successfully!
You can now view create-react-app in the browser.
Local: http://localhost:3000/
On Your Network: http://192.168.86.138:3000/
Note that the development build is not optimized.
To create a production build, use yarn build.
```

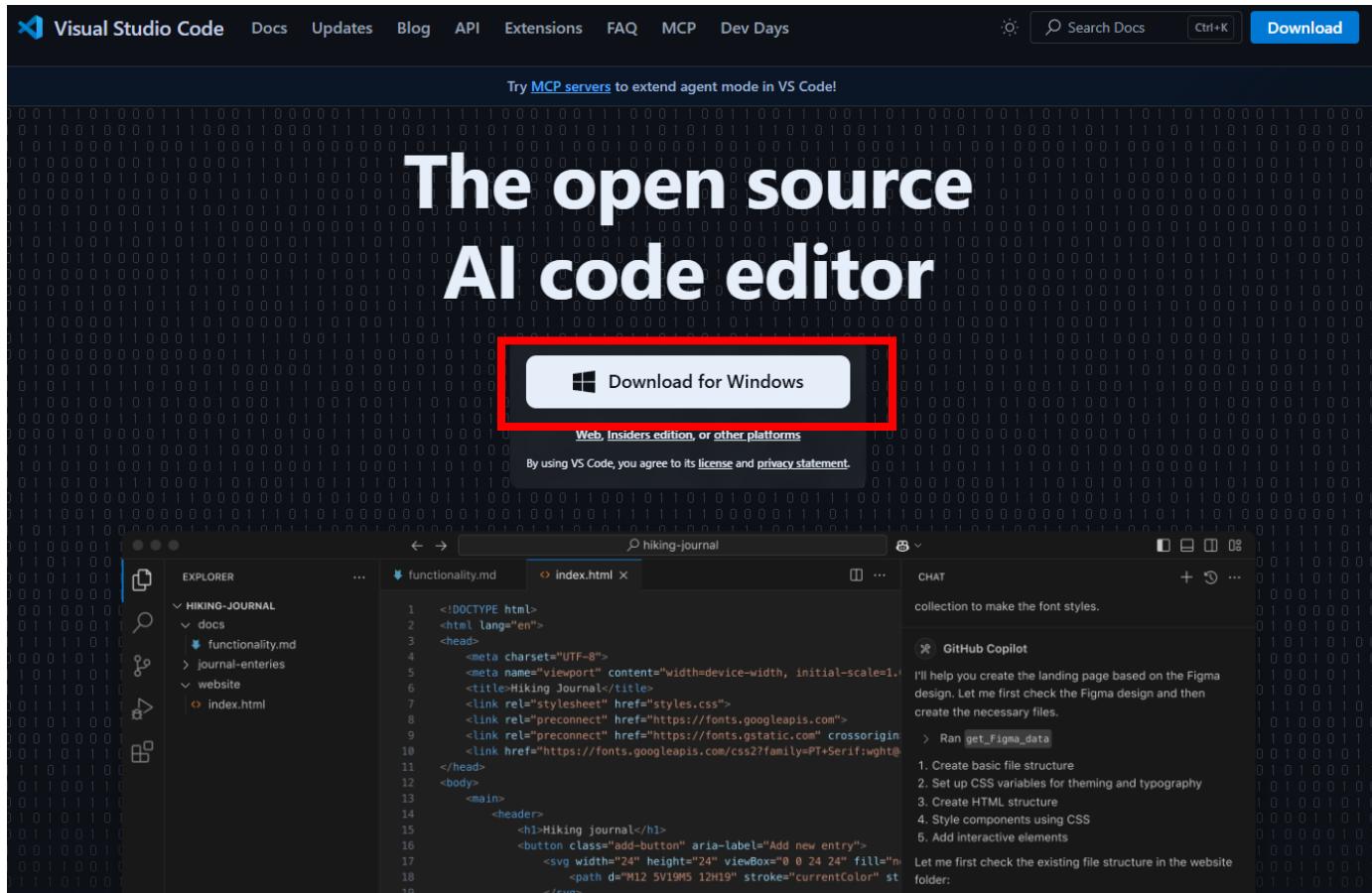
1.7 환경설정

- Github Copilot

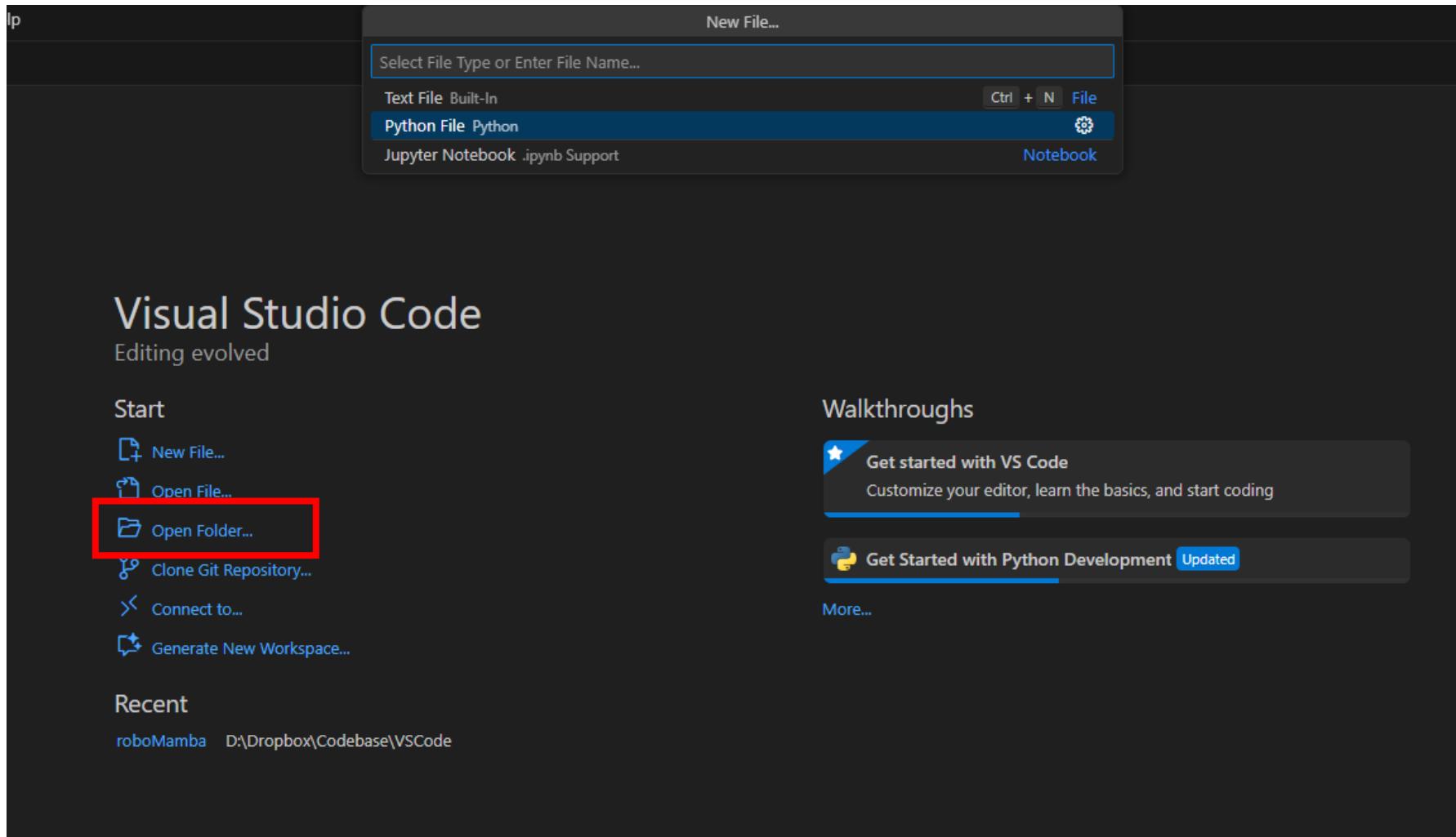


1.7 환경설정

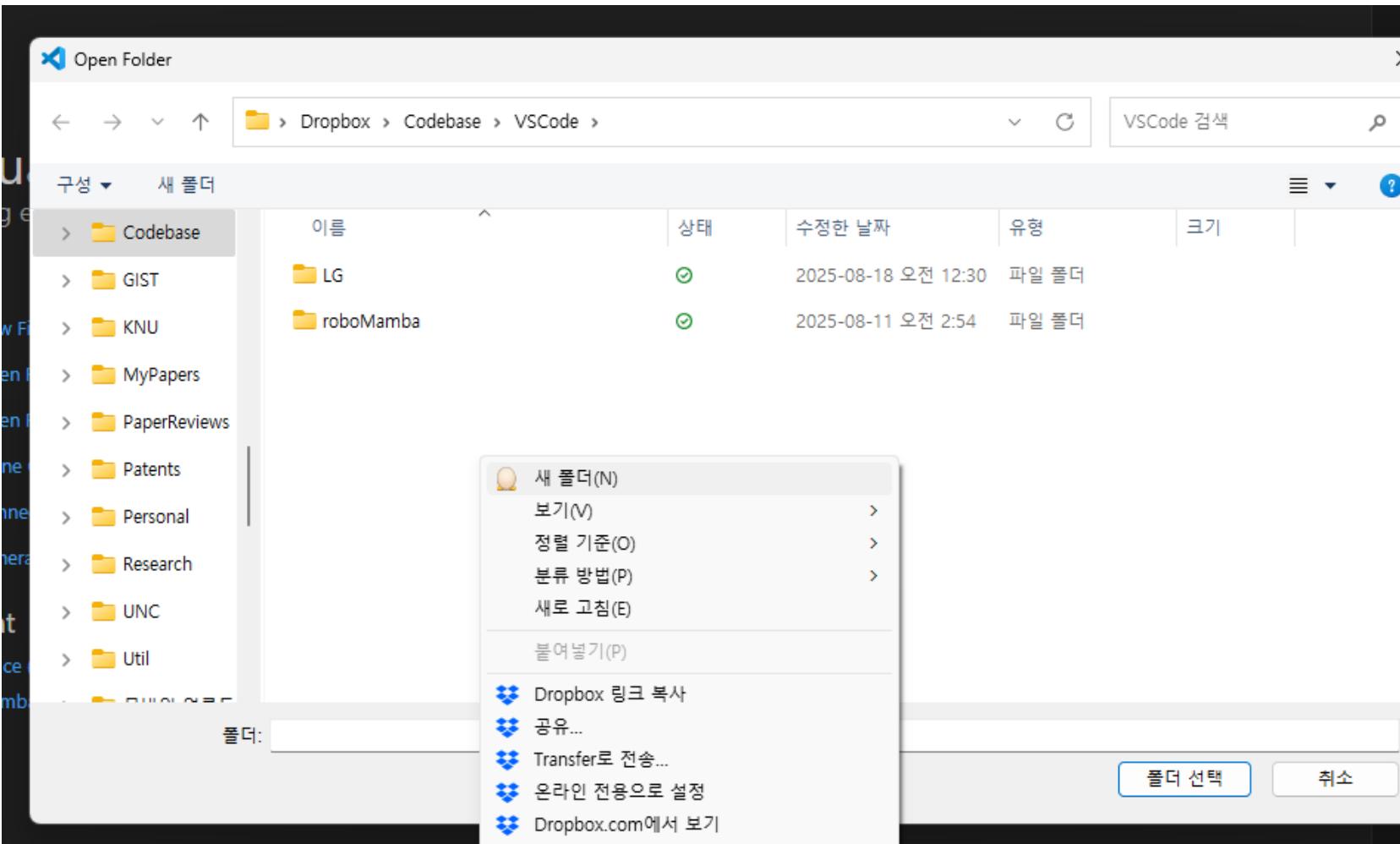
- <https://code.visualstudio.com/>



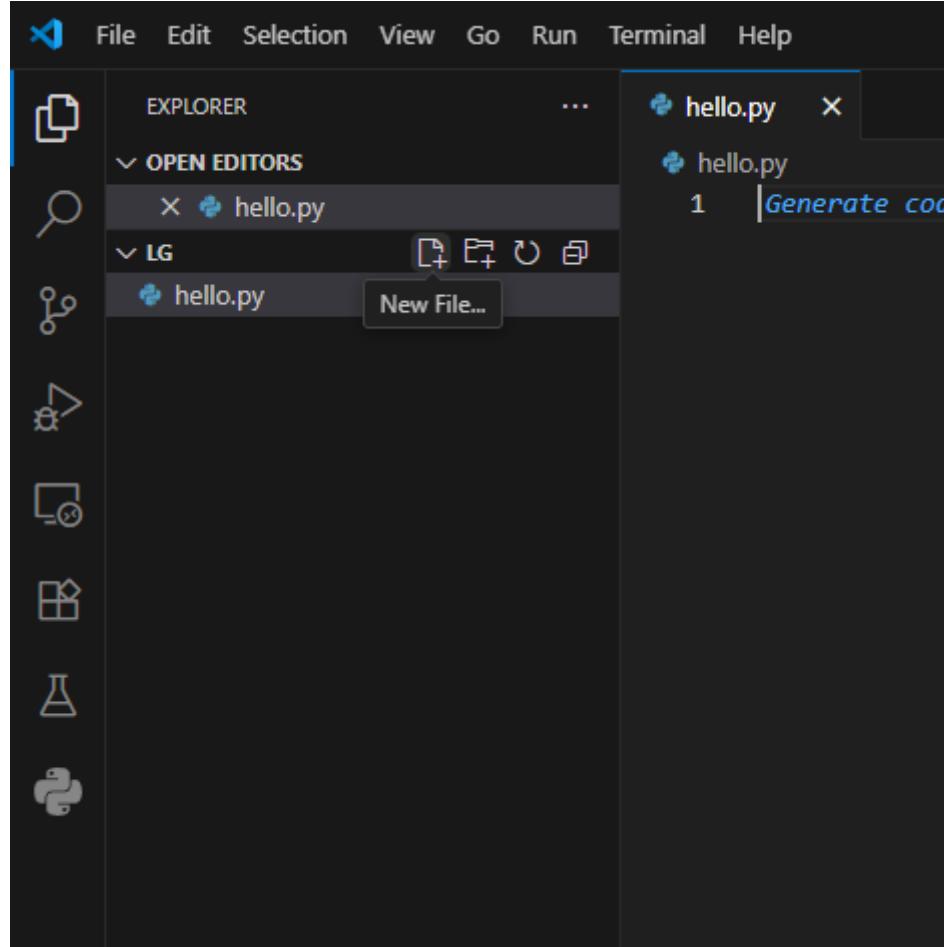
1.7 환경설정



1.7 환경설정



1.7 환경설정

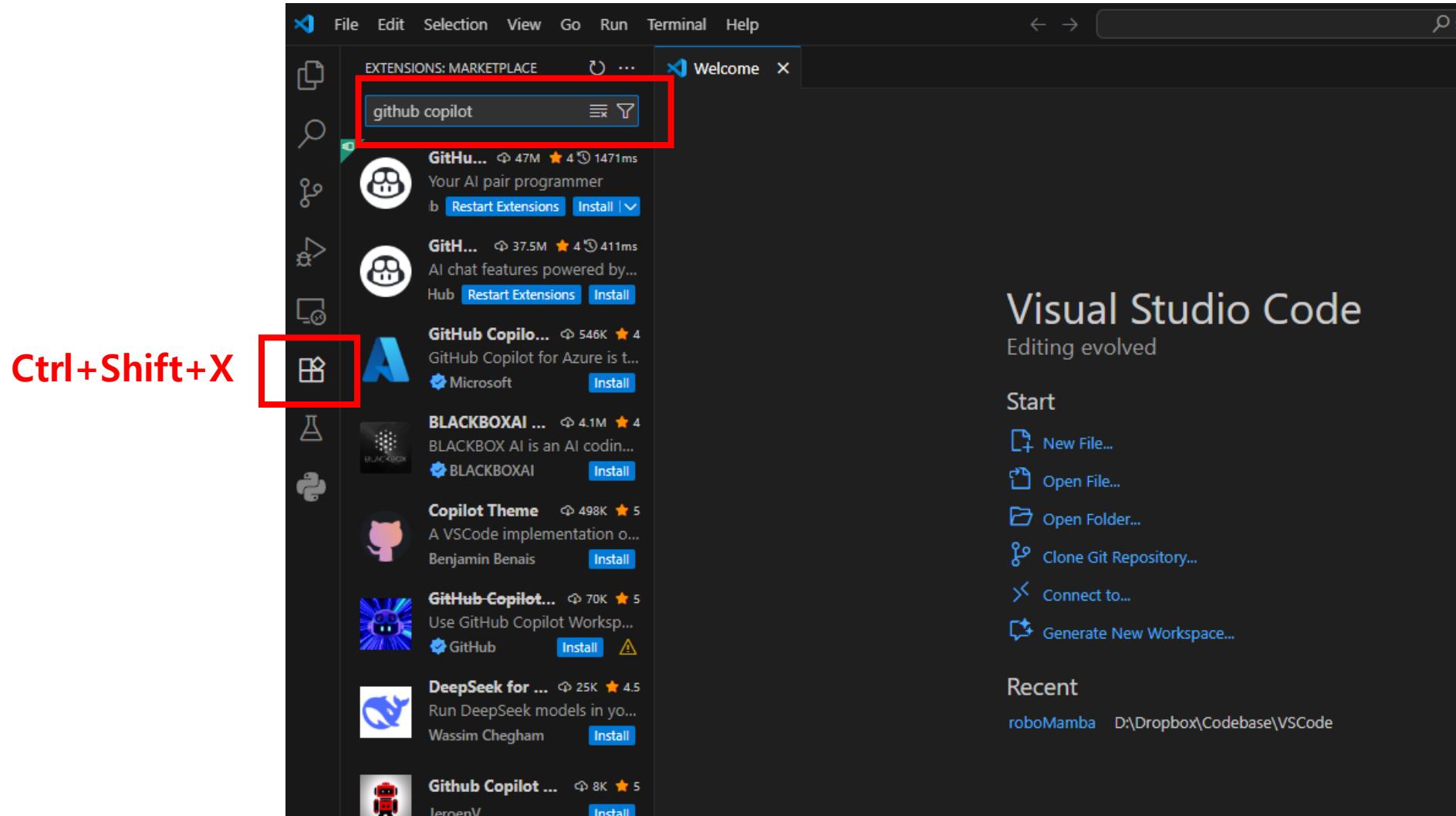


1.7 환경설정

- Run : F5

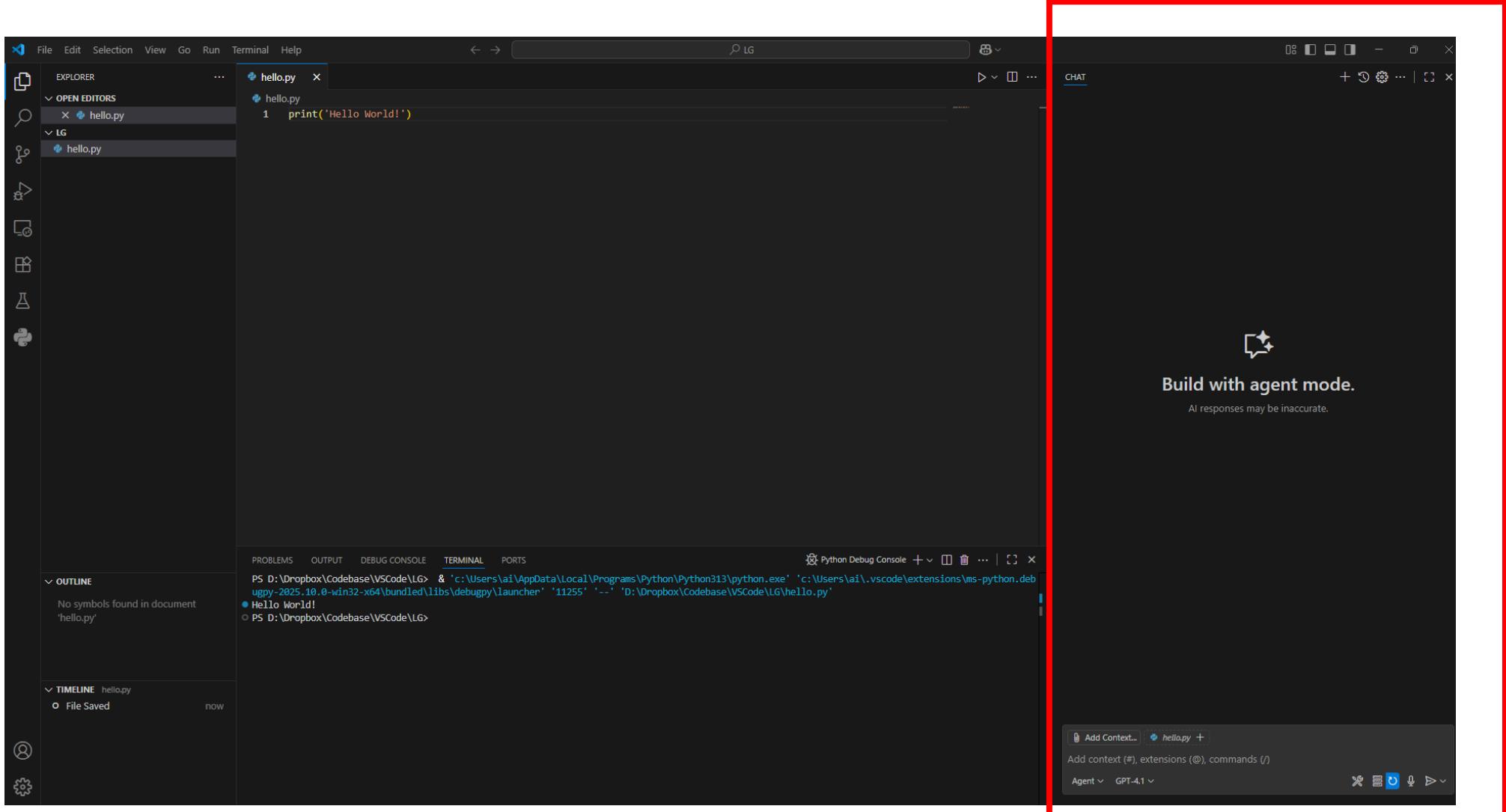
The screenshot shows the Visual Studio Code interface. At the top, there's a dark header bar with tabs for 'terminal' and 'Help'. Below the header is a search bar with the text 'LG'. The main area contains two tabs for 'hello.py' files. The left tab shows the code: 'print('Hello World!')'. The right tab shows the same code with syntax highlighting. At the bottom of the screen, there's a navigation bar with tabs for 'PROBLEMS', 'OUTPUT', 'DEBUG CONSOLE', 'TERMINAL', and 'PORTS'. The 'TERMINAL' tab is currently selected. In the terminal pane, the command 'PS D:\Dropbox\Codebase\VSCode\LG> & 'c:\Users\ai\AppData\Local\Programs\Python\Python313\python.exe' 'c:\Users\ai\.vscode\extensions\ms-python.debugpy-2025.10.0-win32-x86\Codebase\VSCode\LG\hello.py' is run, followed by the output '● Hello World!' and the prompt 'PS D:\Dropbox\Codebase\VSCode\LG>'.

1.7 환경설정



1.7 환경설정

Ctrl+Alt+I



1.7 환경설정

The screenshot shows the Visual Studio Code (VS Code) interface. On the left, the code editor displays a file named `hello.py` with the following content:

```
1 print('Hello World!')
```

Below the code editor are tabs for PROBLEMS, OUTPUT, DEBUG CONSOLE, TERMINAL, and PORTS. The TERMINAL tab is selected, showing the output of a command-line session:

```
PS D:\Dropbox\Codebase\VSCode\LG> & 'c:\Users\ai\AppData\Local\Programs\Python\Python313\python.exe' 'c:\Users\ai\.vscode\extensions\ms-python.python.debugpy-2025.10.0-win32-x64\bundled\libs\debugpy\launcher' '11255' '--' 'D:\Dropbox\Codebase\VSCode\LG\hello.py'
● Hello World!
○ PS D:\Dropbox\Codebase\VSCode\LG>
```

To the right of the terminal is a CHAT window. A red box highlights this window. It contains a message from an AI assistant:

I am a newbie for python, let me know any code for python to start

Here's a simple Python example to get you started. This code prints "Hello, World!" and asks for your name, then greets you:

```
print("Hello, World!")
name = input("What is your name? ")
print(f"Nice to meet you, {name}!")
```

Below the code, there is a note:

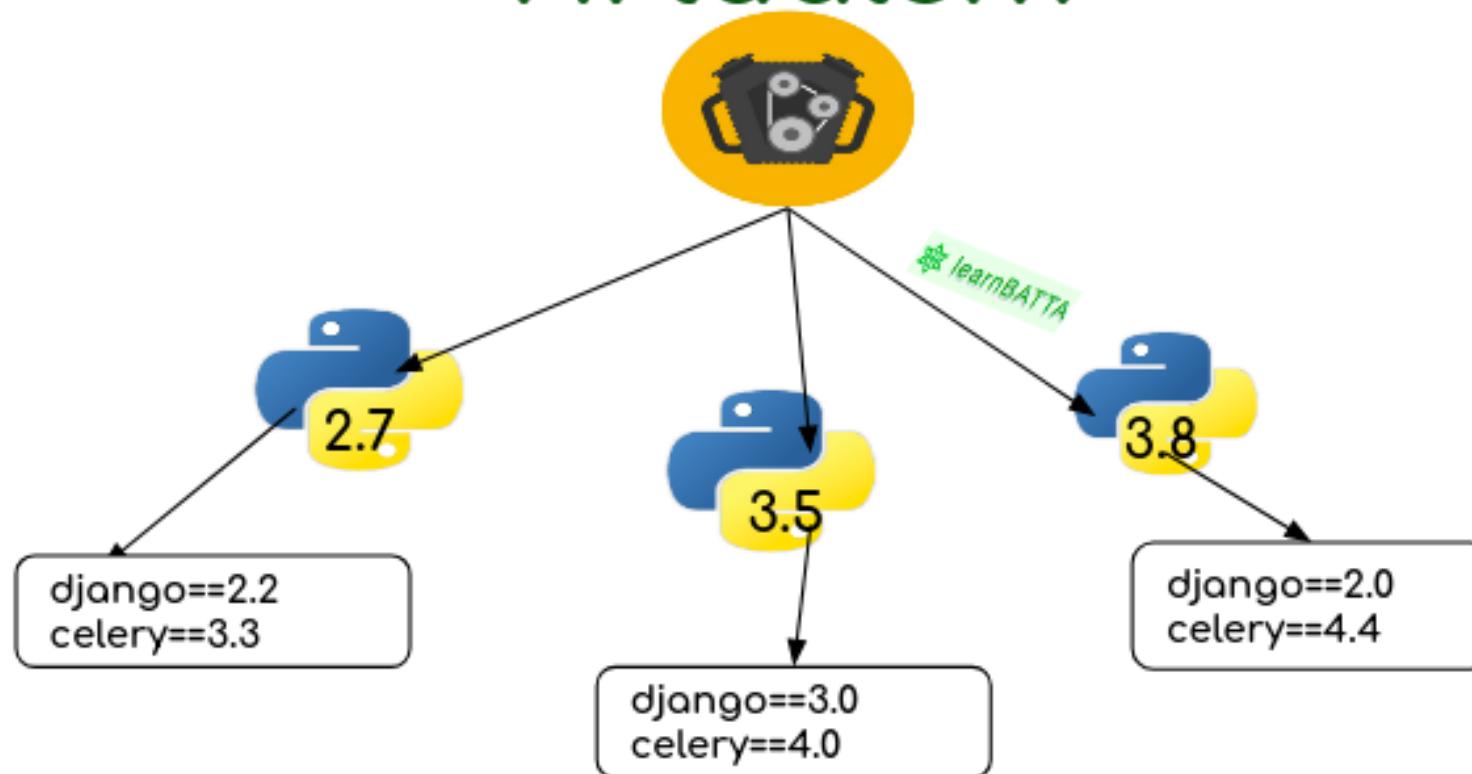
You can copy this into your `hello.py` file and run it. Let me know if you want to try something else or need help running the code!

At the bottom of the screen, there is a status bar with icons for file operations and a dropdown menu.

1.7 환경설정

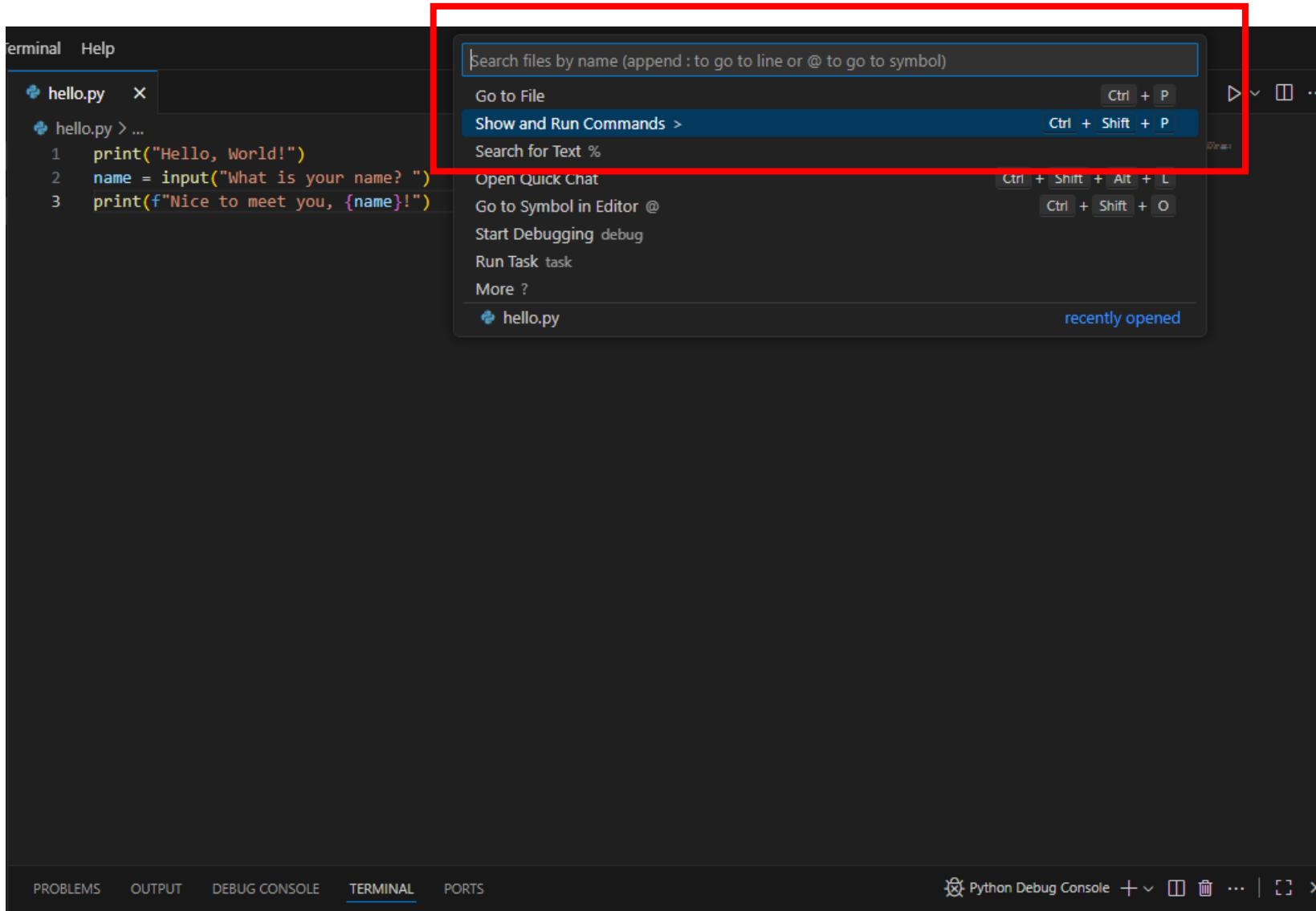
가상환경

Virtualenv

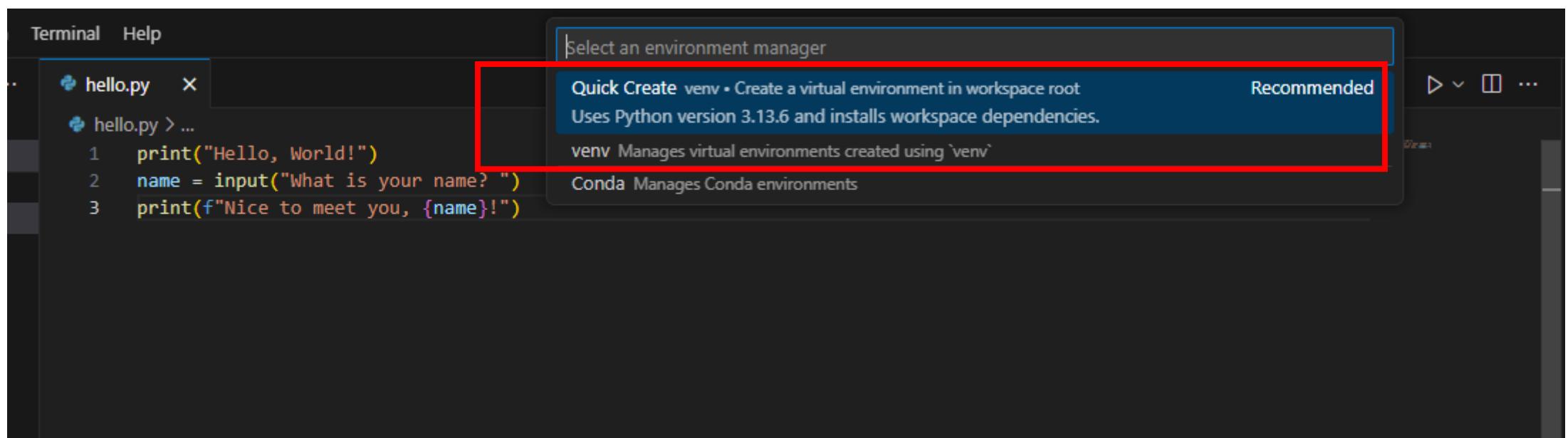
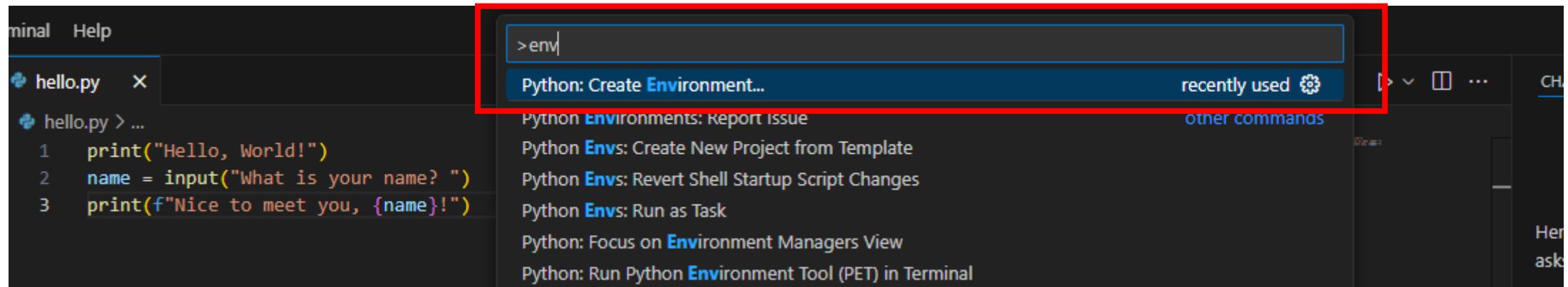


1.7 환경설정

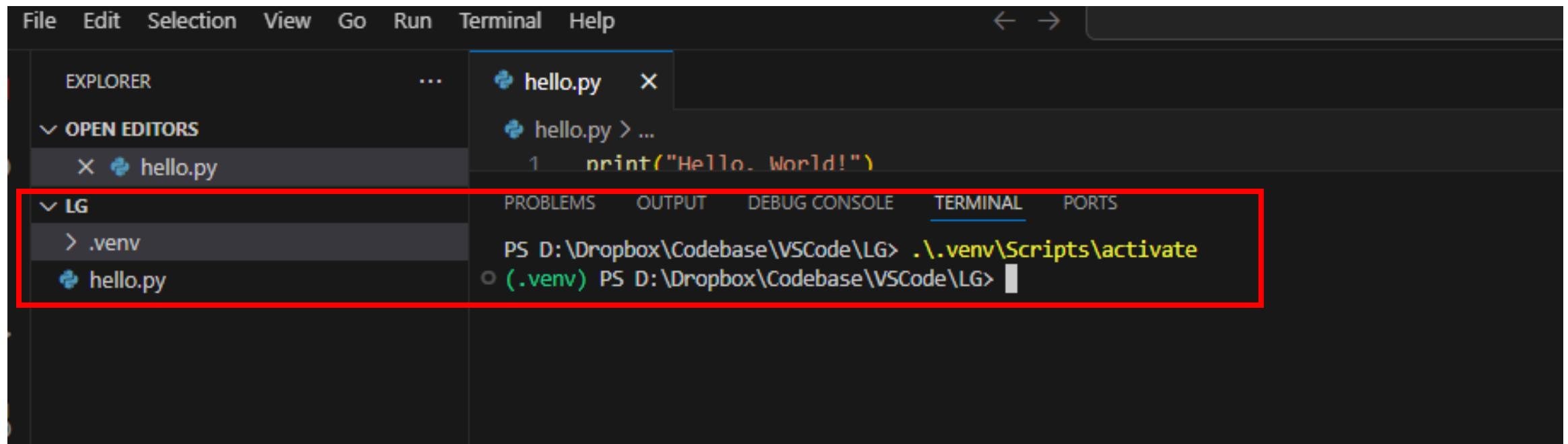
Ctrl+Shift+P



1.7 환경설정



1.7 환경설정



1.7 환경설정

- 설치된 패키지 리스트 확인

pip list

```
(.venv) PS D:\Dropbox\Codebase\VSCode\LG> pip list
Package Version
-----
pip    25.2
```

1.7 환경설정

- (주의) 패키지 설치 시 본인 가상환경에 설치
- 패키지 설치 시 터미널에서 pip install 사용
 - > pip install numpy

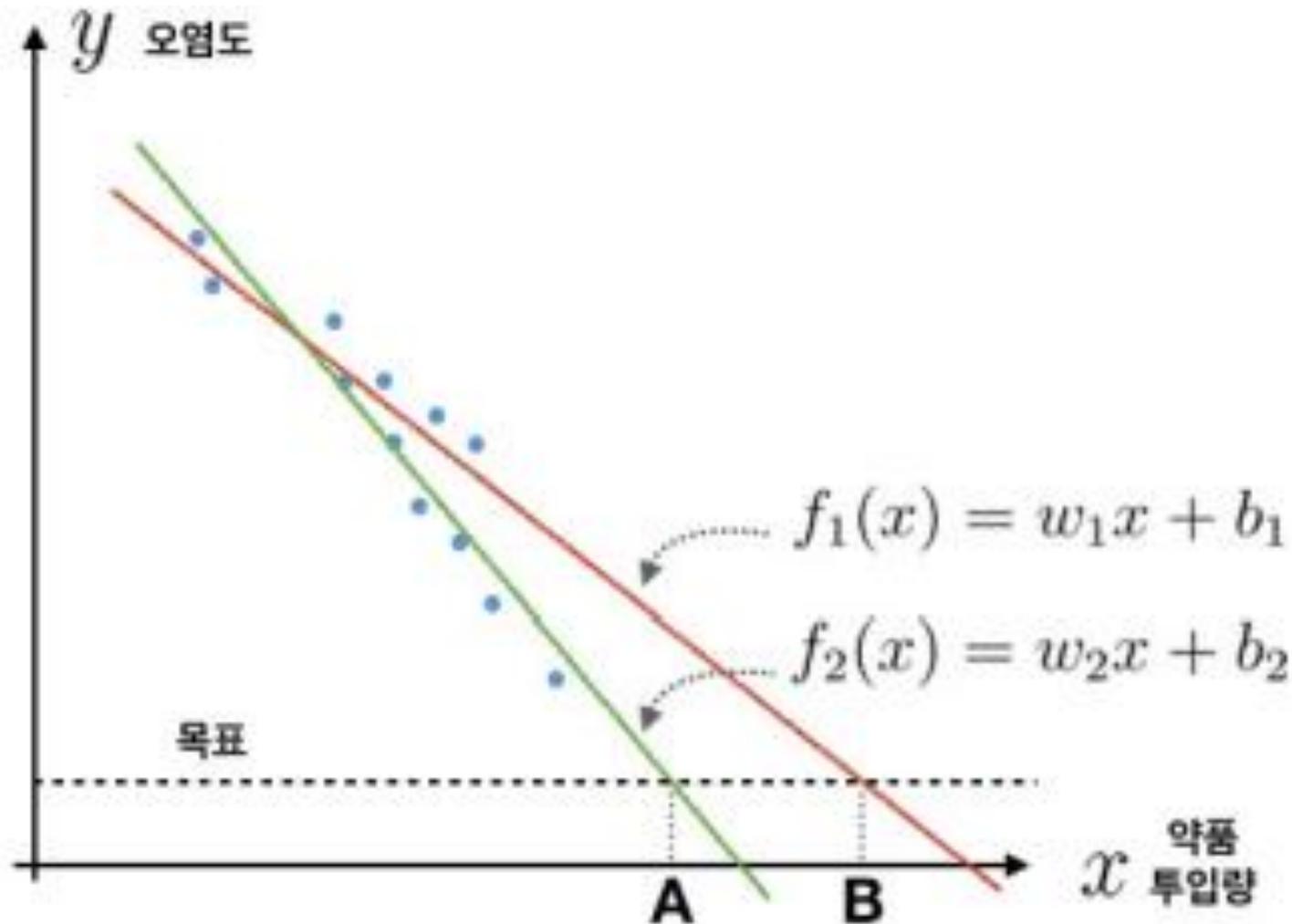
```
● (.venv) PS D:\Dropbox\Codebase\VSCode\LG> pip install numpy
Collecting numpy
  Using cached numpy-2.3.2-cp313-cp313-win_amd64.whl.metadata (60 kB)
  Using cached numpy-2.3.2-cp313-cp313-win_amd64.whl (12.8 MB)
  Installing collected packages: numpy
    Successfully installed numpy-2.3.2
○ (.venv) PS D:\Dropbox\Codebase\VSCode\LG> 
```

2. 회귀 모델

2.1 회귀 모델

- 회귀 regression : 회귀 분석은 대표적인 지도학습 알고리즘
 - 관측된 데이터를 통해 독립변수와 종속변수 사이의 숨어있는 관계를 추정하는 것
- 선형 회귀 linear regression 는 $y = f(x)$ 에서 입력 x 에 대응되는 실수 y 들이 주어지고 추정치 $f(x)$ 가 가진 오차를 측정
 - 이 오차를 줄이는 방향으로 함수의 계수를 최적화하는 일

2.1 회귀 모델

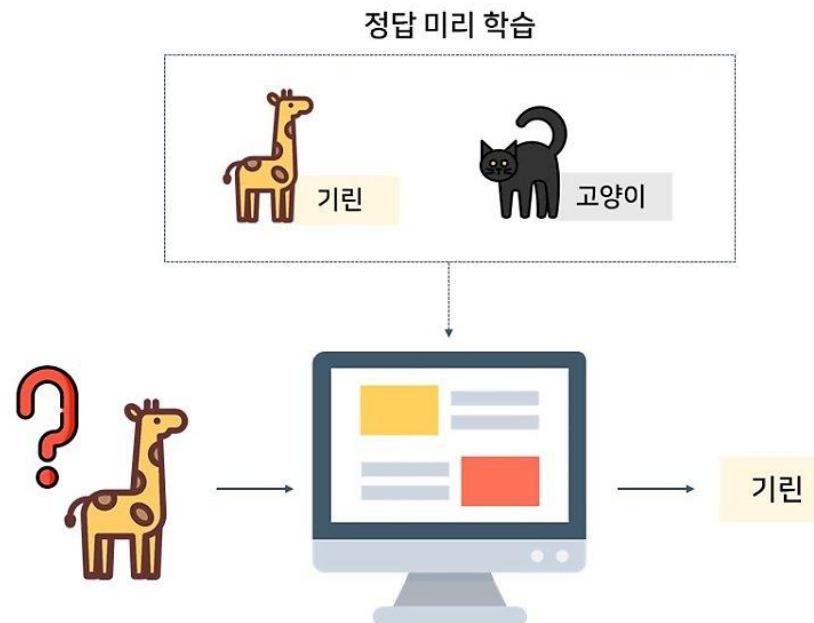


2.1 회귀 모델

- 데이터에 숨겨진 관계를 표현하고, 약품 투입량과 같은 독립변수에 대해 오염도라는 종속 변수가 어떤 값을 가질지 예측하는 $f_a(x)$ 와 $f_b(x)$ 를 **가설**^{hypothesis}이라고 부름
- 좋은 가설은 **오차**^{error}가 작은 가설
 - 회귀 분석은 데이터를 설명하는 좋은 가설을 찾는 것

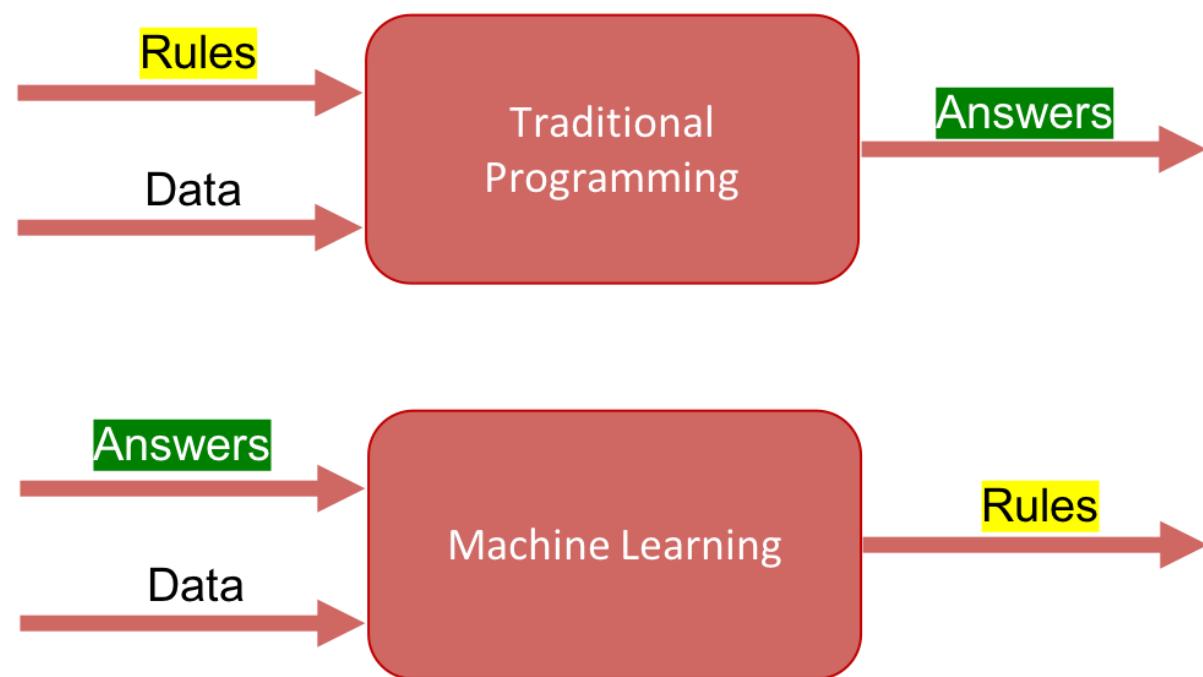
2.2 선형 회귀와 지도학습

- 데이터에 제시된 목표값을 정답값 혹은 레이블^{label}이라고 부름
 - 지도 학습은 주어진 입력-출력 쌍을 학습한 후에 새로운 입력값이 들어왔을 때, 합리적인 출력값을 예측하는 것.



2.2 선형 회귀와 지도학습

- 전통적 프로그래밍 : 사람이 이 함수 $f(x)$ 를 고안하여 구현한 뒤, 입력 x 를 넣어 답 y 를 얻는 것
- 머신러닝: 데이터 (x, y) 를 주면 함수 $f(x)$ 를 만들어내는 일

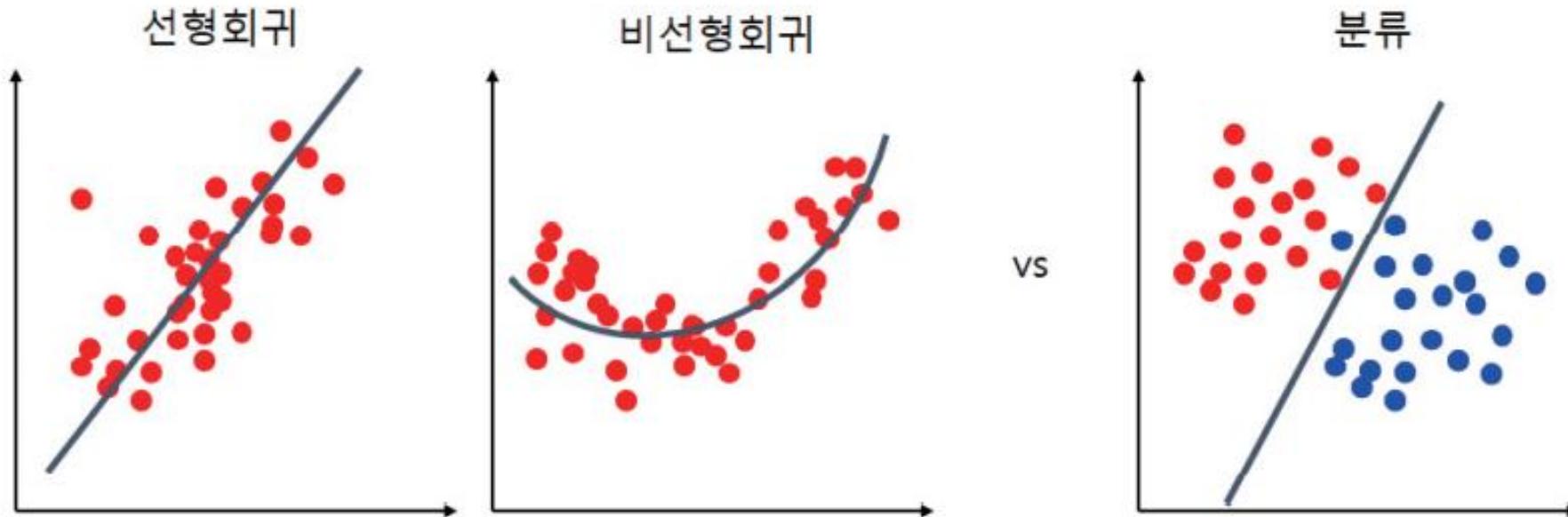


2.2 선형 회귀와 지도학습

- 지도 학습 알고리즘의 대표적인 두 유형은 회귀 분석과 **분류** classification
 - 회귀는 입력 데이터 하나 하나에 대응하는 출력값을 예측
 - 분류는 입력 데이터를 몇 가지 이산적인 범주 category 중의 하나로 대응

2.2 선형 회귀와 지도학습

- 회귀 분석 : 데이터를 설명하는 직선을 찾는 선형 linear 회귀와 곡선을 찾는 비선형 nonlinear 회귀
 - 이진 분류 binary classification 는 데이터를 양분하는 경계 직선 혹은 곡선을 찾는 것.



2.2 선형 회귀와 지도학습

- 데이터를 학습시킬 때, 데이터에서 중요한 일부 정보만을 추출하여 이것으로 학습시키고 테스트할 수도 있음
 - 특징^{feature} : 특징이란 관찰되는 현상에서 측정할 수 있는 개별적인 속성^{attribute}을 의미
 - $y = f(x)$ 의 함수를 찾는다고 할 때, 입력 데이터로 사용되는 x 가 특징
- 기계학습에서 다룰 수 있는 Feature의 예
 - 사람의 키와 몸무게
 - 개의 몸통 길이와 높이
 - 주택 가격에 영향을 주는 주택의 특징들

2.3 실제 데이터를 읽고 가설 설정

- Pandas를 이용하여 CSV 파일을 읽어 lin_data라는 데이터프레임을 만듦
- 투입량에 따른 오염도 측정 결과 100건이 담겨 있음
 - 데이터프레임의 input 열은 오염도를 줄이기 위한 약품의 투입량
 - pollution 열은 실제 측정된 오염도 수치



```
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
# 데이터 저장 위치
data_home = 'https://github.com/dknife/ML/raw/main/data/'
lin_data = pd.read_csv(data_home+'pollution.csv') # 데이터 파일 이름
print(lin_data)
```

	input	pollution
0	0.240557	4.858750
1	0.159731	4.471091
..
99	0.290294	3.169049

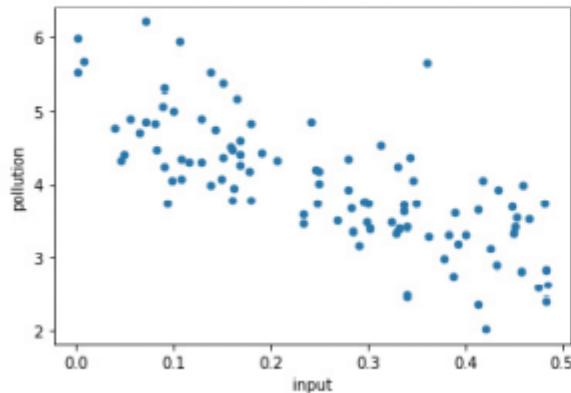
[100 rows x 2 columns]

2.3 실제 데이터를 읽고 가설 설정

- 데이터를 시각적으로 확인하기 위하여 `plot()` 메소드를 사용.
 - x축으로는 `input` 열을 사용
 - y축으로 `pollution` 열을 사용
 - 투입량을 늘이면 오염도가 줄어드는 경향이 있는 것을 확인할 수 있음



```
lin_data.plot(kind = 'scatter', x = 'input', y = 'pollution')
```

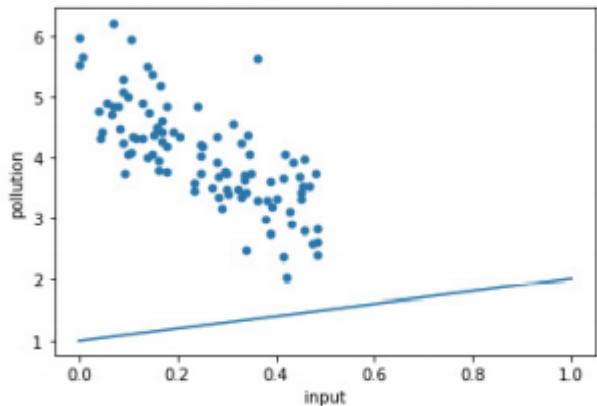


- input을 독립변수 x 로, pollution을 종속변수 y 로 하는 $y = wx + b$ 라는 직선으로 표현하면, 데이터가 이 함수를 따를 것이라는 가설 hypothesis 을 제시
 - pyplot의 plot() 함수는 독립변수의 리스트와 종속변수의 리스트를 주면, 이들을 연결한 선을 그려낸다.



```
w, b = 1, 1
x0, x1 = 0.0, 1.0
def h(x, w, b):          # 가설에 따라 값을 계산하는 함수
    return w*x + b

# 데이터(산포도)와 가설(직선)을 비교
lin_data.plot(kind = 'scatter', x = 'input', y = 'pollution')
plt.plot([x0, x1], [h(x0, w, b), h(x1, w, b)])
```

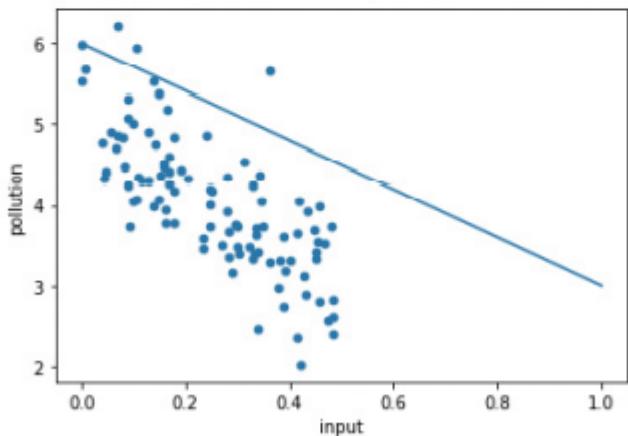


- 데이터와 일치시키기 위해서는 음수 기울기가 필요할 것
 - 최적의 w 와 b 를 찾을 수 있는 방법은?



```
w, b = -3, 6  
x0, x1 = 0.0, 1.0
```

```
# 새로운 파라미터로 가설(직선)과 데이터(산포도) 비교  
lin_data.plot(kind = 'scatter', x = 'input', y = 'pollution')  
plt.plot([x0, x1], [h(x0, w, b), h(x1, w, b)])
```



2.4 좋은 가설과 모델의 오차

- 데이터를 추정하는 가설이 얼마나 정확한지를 평가하는 방법
 - 가설이 훌륭한 모델이라면 데이터는 가설이 나타내는 직선 위에 모두 놓이게 될 것
 - 좋은 가설이라면 데이터가 이 직선들 근처에 있을 것

2.4 좋은 가설과 모델의 오차

- 대표적인 오차 척도는 평균 제곱 오차
- 예측치 \hat{y} 와 정답 레이블 y 사이의 차이를 제곱하여 모두 더한 뒤에 전체 데이터의 개수 m 으로 나누는 것
 - 평균 제곱 오차^{mean square error:MSE}라고 하며, 다음과 같은 식

$$E_{mse} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - y_i)^2$$

2.4 좋은 가설과 모델의 오차

- 예측 결과가 y_{hat} , 정답 레이블이 y 에 저장되어 있다고 할 때, 평균 제곱 오차는 아래와 같이 구할 수 있음

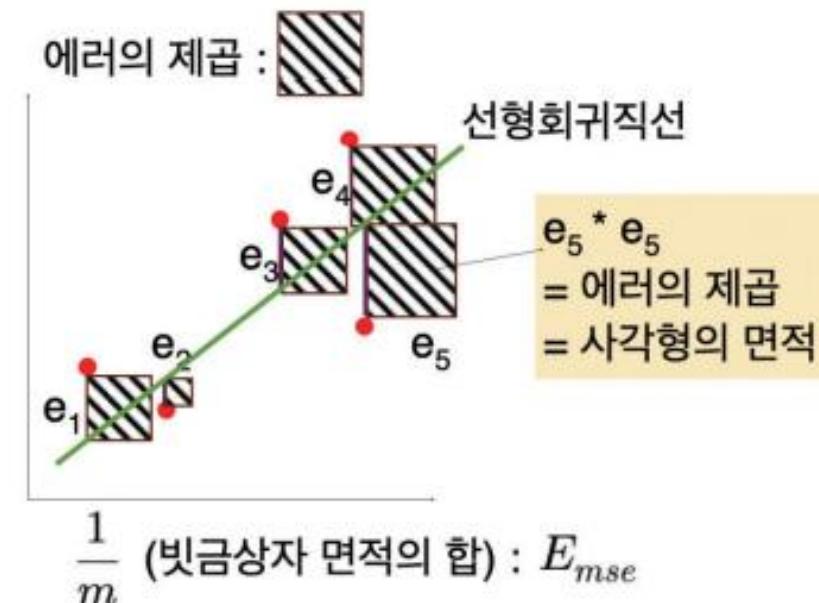
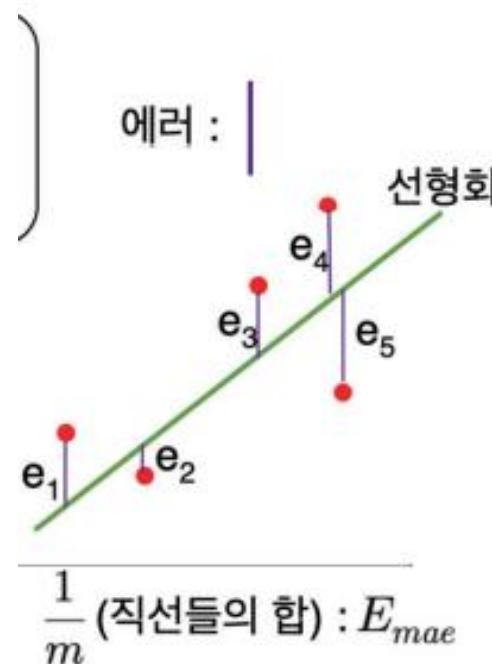


```
import numpy as np
y_hat = np.array([1.2, 2.1, 2.9, 4.1, 4.7, 6.3, 7.1, 7.7, 8.5, 10.1])
y = np.array([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10])
diff_square = (y_hat - y)**2
e_mse = diff_square.sum() / len(y)
e_mse
```

0.06099999999999996

2.4 좋은 가설과 모델의 오차

- 오차를 제곱하는 이유
 - 빨간색 점으로 표시된 레이블과 가설 사이에 차이가 있음
 - e_1 에서 e_5 까지 전체 에러의 합이 최소가 되는 모델이 바람직한 모델
 - 오차합 곡면의 기울기를 따라 내려가 최소 오차에 접근하기 위하여



2.4 좋은 가설과 모델의 오차

- 평균 제곱 오차는 머신러닝에서 가장 흔히 사용되는 오차 척도
- 머신러닝의 대표적인 패키지 중 하나인 scikit-learn 역시 이러한 오차 계산을 지원한다 : mean_squared_error() 함수



```
from sklearn.metrics import mean_squared_error  
print('Mean squared error:', mean_squared_error(y_hat, y))
```

```
Mean squared error: 0.06099999999999996
```

2.4 좋은 가설과 모델의 오차

- <https://scikit-learn.org/stable/>

The screenshot shows the official scikit-learn website. At the top, there's a navigation bar with links for 'Install', 'User Guide', 'API', 'Examples', 'Community', and 'More'. Below the header, the title 'scikit-learn' is displayed with the subtitle 'Machine Learning in Python'. There are three main sections: 'Classification', 'Regression', and 'Clustering'. Each section includes a brief description, applications, algorithms, and a corresponding visualization.

- Classification:** Identifying which category an object belongs to. Applications: Spam detection, image recognition. Algorithms: SVM, nearest neighbors, random forest, and more... Visualization: A grid of 9x3 plots showing various classification models like K-Means, Naive Bayes, and Decision Trees on different datasets.
- Regression:** Predicting a continuous-valued attribute associated with an object. Applications: Drug response, Stock prices. Algorithms: SVR, nearest neighbors, random forest, and more... Visualization: A line plot titled 'Boosted Decision Tree Regression' showing target values against a feature index from 0 to 6, comparing models with 1 and 300 estimators.
- Clustering:** Automatic grouping of similar objects into sets. Applications: Customer segmentation, Grouping experiment outcomes. Algorithms: k-Means, spectral clustering, mean-shift, and more... Visualization: A scatter plot of digits dataset points colored by cluster assignment, with centroids marked by white crosses.

2.4 좋은 가설과 모델의 오차

- 제곱을 하지 않고 오차를 더하고 싶다면 평균 절대 오차 mean absolute error:MAE라는 것을 사용할 수 있음
 - 오차를 제곱하지 않고 절대값을 취해 더하는 것

$$E_{mae} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |\hat{y}_i - y_i|$$

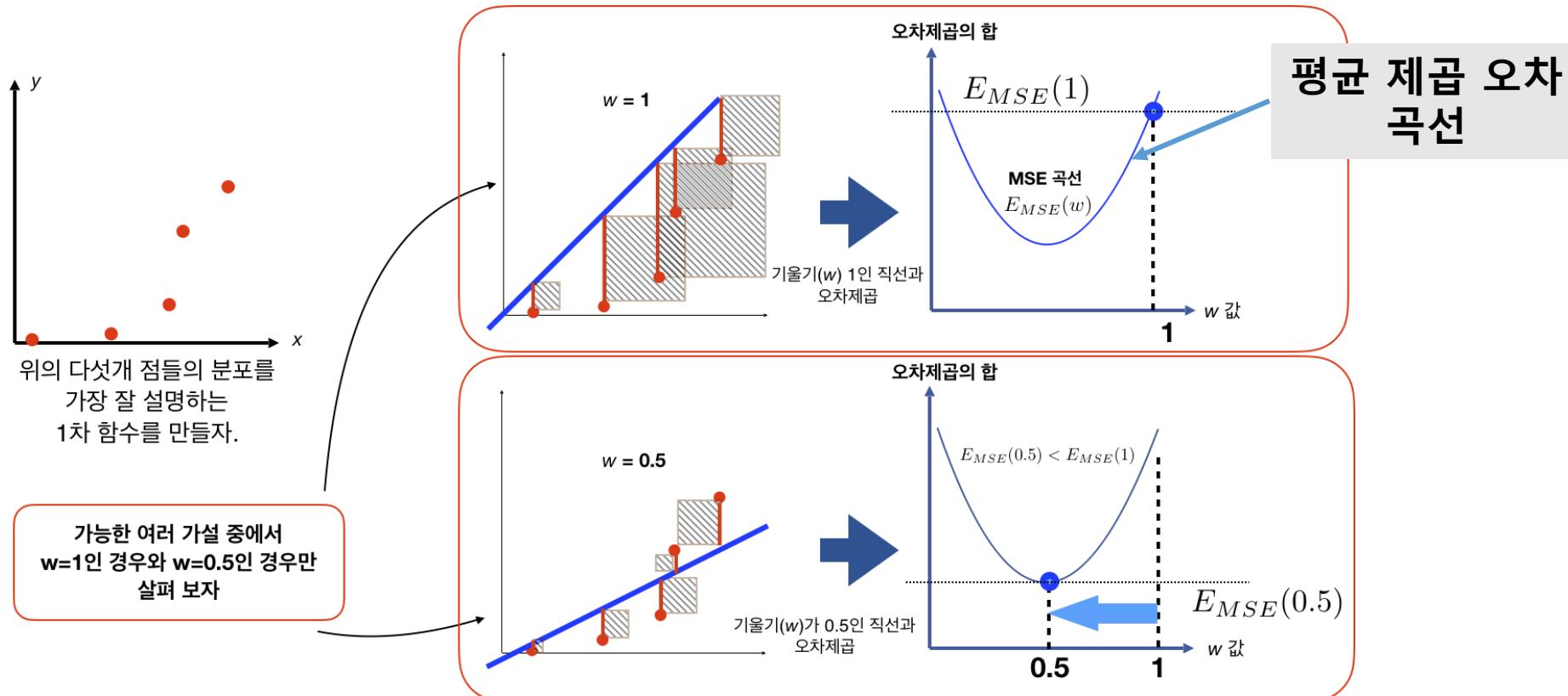


```
from sklearn.metrics import mean_absolute_error  
print('Mean absolute error:', mean_absolute_error(y_hat, y))
```

Mean absolute error: 0.2099999999999988

2.5 선형 회귀 함수의 시각적 이해

- 5 개의 점이 분포하고 있는데 이 분포를 잘 설명하는 $y = f(x)$ 의 함수를 찾는 것이 바로 선형 회귀의 목적
 - $y = wx$ 와 같이 y 절편이 0인 경우를 가정하고 최적의 w 값을 찾는 과정



2.5 선형 회귀 함수의 시각적 이해

- 오차 제곱의 합 $E_{mse}^{0.5}$ 는 E_{mse}^1 와 비교하여 작은 값
- 기울기 0.5가 이 점들의 분포를 설명하는 함수의 최적 기울기 값이라고 한다면, 오른쪽 하단과 같은 오목한 곡선의 가장 낮은 지점이 될 것
- 이러한 정보를 바탕으로 다음과 같은 코드를 작성해 보도록 하자
- 우선 실제 값을 가지는 5개의 x, y 데이터를 생성하고 $w = 1.0$ 으로 하는 \hat{y} 에서 $w = 0.3$ 인 \hat{y} 까지 0.1씩 값을 감소시켜가며 w 와 평균제곱오차를 출력해 보도록 하자



```
import numpy as np
from sklearn.metrics import mean_squared_error as mse

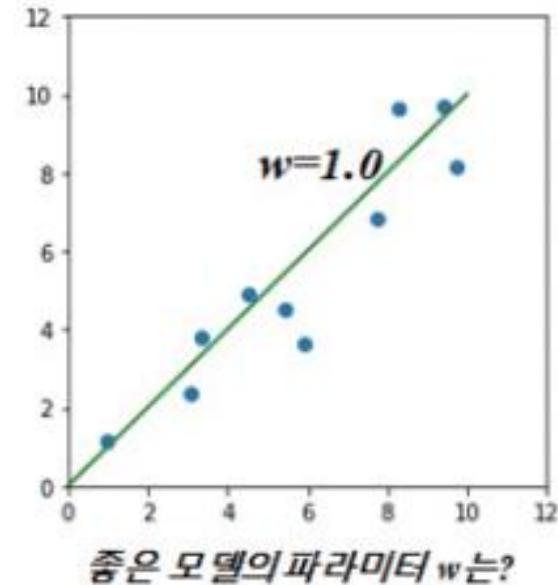
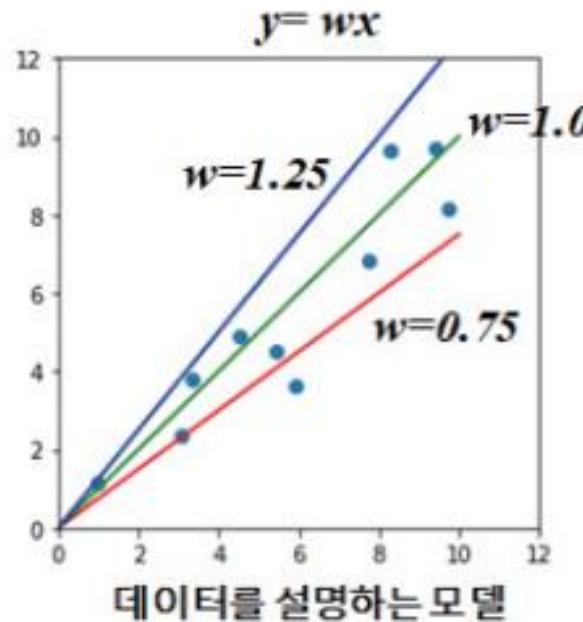
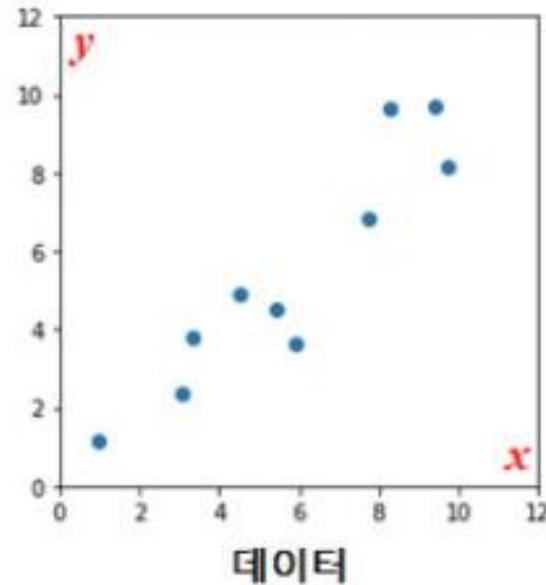
# 5개 점의 x, y 좌표값
x = np.array([1, 4.5, 9, 10, 13])
y = np.array([0, 0.2, 2.5, 5.4, 7.3])

w_list = np.arange(1.0, 0.2, -0.1)
for w in list(w_list):      # w를 바꾸어가며 예측치와 정답의 오차 비교
    y_hat = w * x
    print('w = {:.1f}, 평균제곱 오차: {:.2f}'.format(w, mse(y_hat, y)))
```

```
w = 1.0, 평균제곱 오차: 23.08
w = 0.9, 평균제곱 오차: 15.86
w = 0.8, 평균제곱 오차: 10.13
w = 0.7, 평균제곱 오차: 5.89
w = 0.6, 평균제곱 오차: 3.13
w = 0.5, 평균제곱 오차: 1.85
w = 0.4, 평균제곱 오차: 2.06
w = 0.3, 평균제곱 오차: 3.75
```

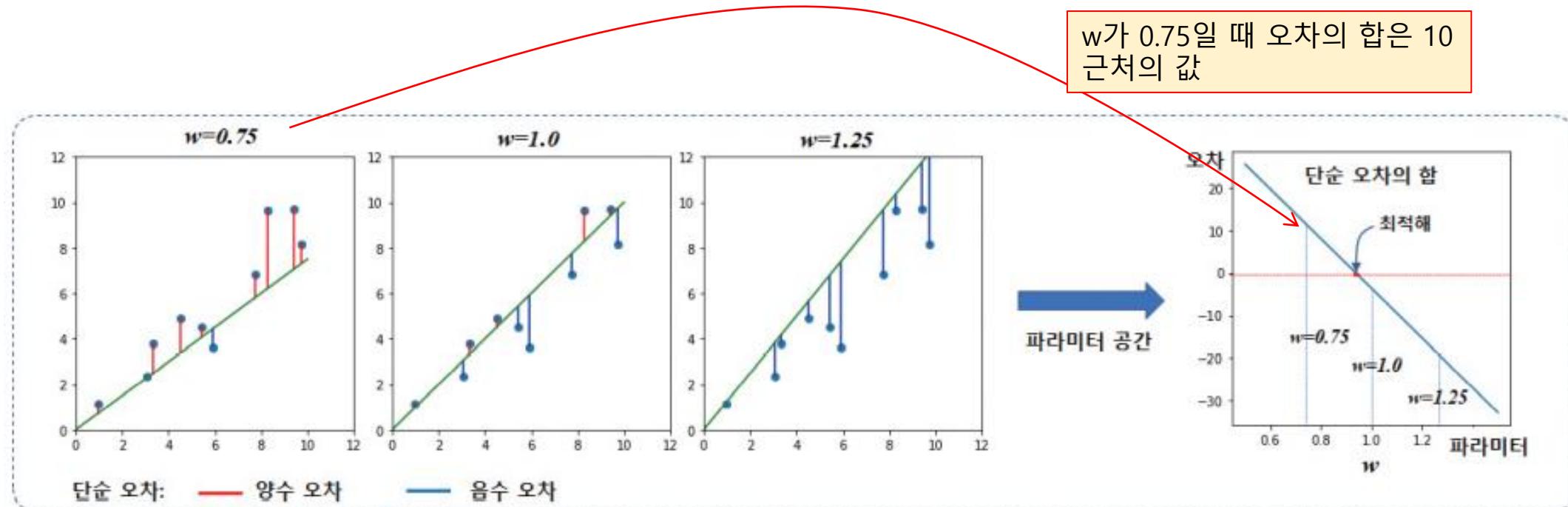
2.6 오차의 종류에 따른 오차 곡면의 모습

- 모델의 오차를 계산하는 방법에 따른 오차 곡면의 모습을 살펴보고, 이 오차 곡면을 이용하여 최적의 모델을 찾는 방법에 대해 살펴보도록 하자
- 목표: 데이터 x 와 y 의 관계를 가장 잘 설명하는 모델 $y = wx$ 를 찾는 것



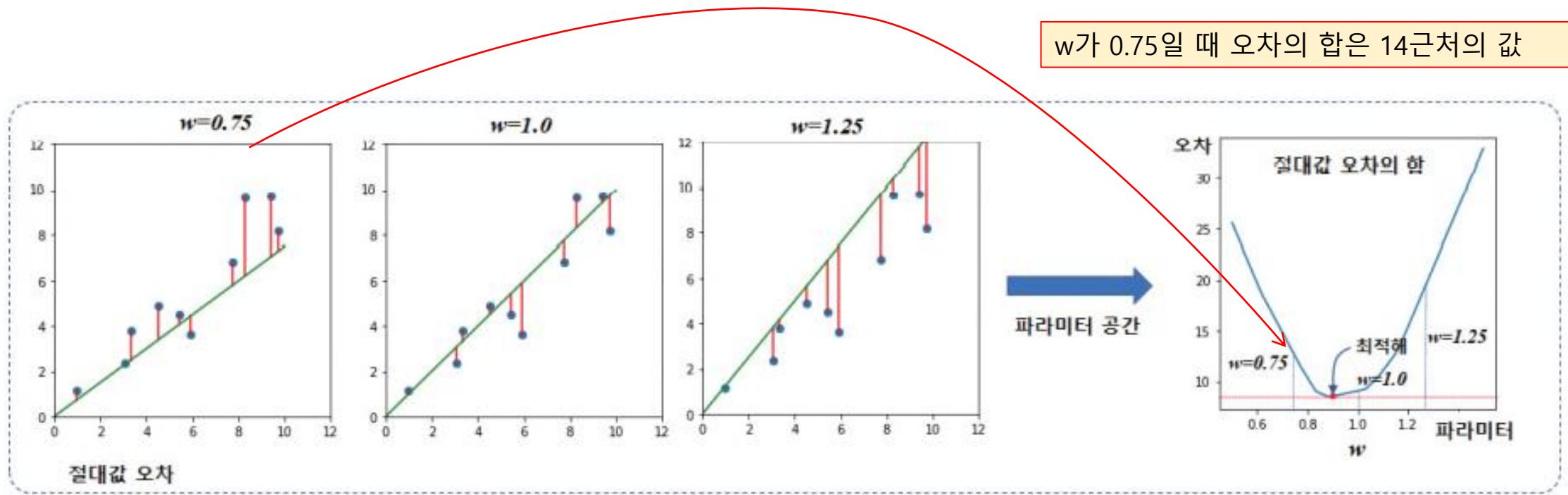
2.6 오차의 종류에 따른 오차 곡면의 모습

- 예측과 정답의 차이로 계산하는 단순한 오차를 살펴 보자.
- 그림의 왼쪽에는 파라미터가 0.75, 1.0, 1.25일 때 모델과 데이터의 오차를 보이고 있다.



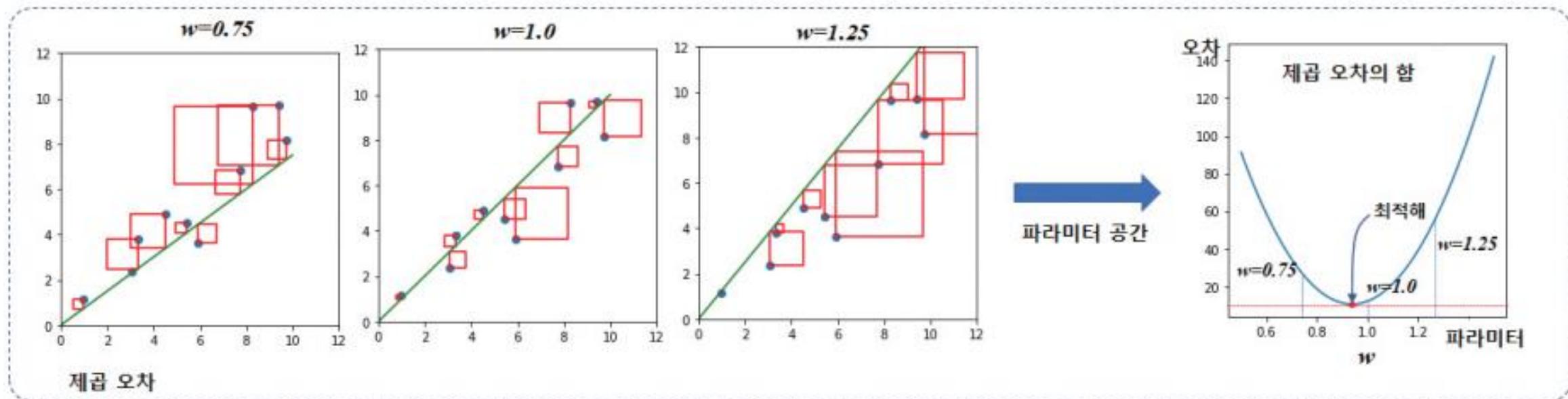
2.6 오차의 종류에 따른 오차 곡면의 모습

- 평균 절대 오차^{MAE}
- 교차지점을 구할 필요없이 오차 곡선의 극소만 구하면 된다.



2.6 오차의 종류에 따른 오차 곡면의 모습

- 정답과 예측의 차이를 제곱하는 평균 제곱 오차 MSE



2.7 오차로 가설을 평가하고 좋은 가설 찾기

- 여러가지 가설이 존재할 경우 가설이 추정한 종속변수와 실제 데이터의 종속변수의 차이가 적을수록 좋은 것
- 가설에 의한 추정치 값과 실제 값의 차이를 오차^{error}
 - 추정치는 일반적으로 종속변수 y 의 위에 ^기호를 쓴 \hat{y} ('^'기호는 hat으로 읽는다)로 표기
 - 오차 E 는 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다.

$$E = \hat{y} - y = wx + b - y$$

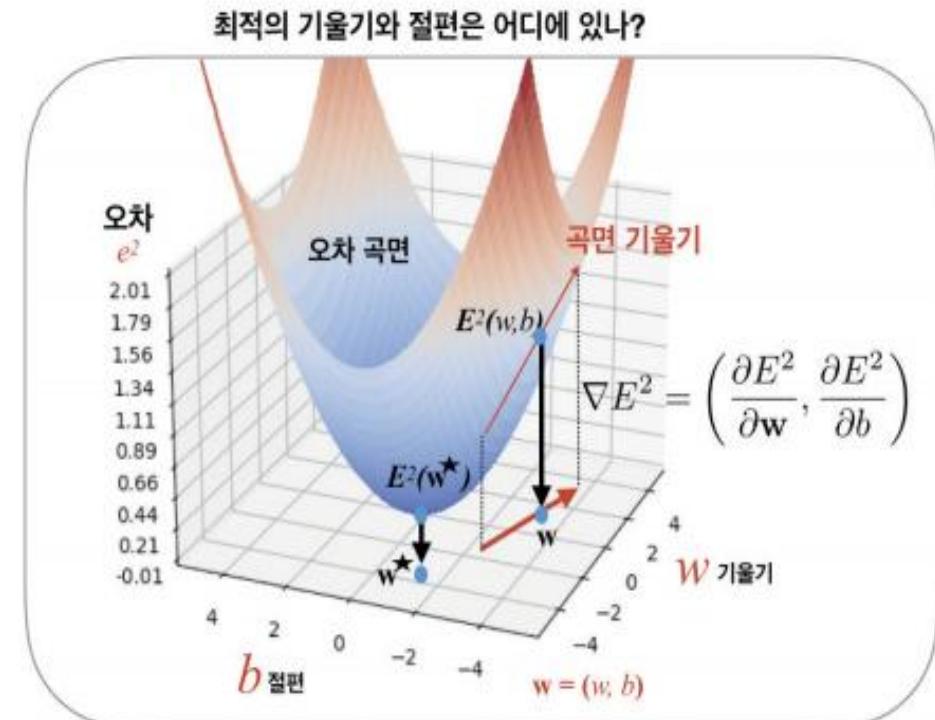
2.7 오차로 가설을 평가하고 좋은 가설 찾기

- 최소 제곱법 least squares approximation은 오차를 제곱하여 오차 곡면의 기울기를 따라 내려가 기울기가 0인 극소 지점을 찾는 것
- 오차의 제곱 $E^2(w, b)$ 이 그림과 같은 곡면이라면, 최적의 w 와 b 를 찾기 위한 오차 곡면의 기울기 방향은 다음과 같이 구할 수 있음

$$\nabla E^2 = \left(\frac{\partial E^2}{\partial w}, \frac{\partial E^2}{\partial b} \right)$$

$$\frac{\partial E^2}{\partial w} = \frac{\partial (wx + b - y)^2}{\partial w} = 2(wx + b - y)x = 2Ex$$

$$\frac{\partial E^2}{\partial b} = \frac{\partial (wx + b - y)^2}{\partial b} = 2(wx + b - y) \cdot 1 = 2E$$



2.7 오차로 가설을 평가하고 좋은 가설 찾기

- (w, b) 벡터를 $-(E_x, E)$ 방향으로 옮겨주면 최적의 w 와 b 에 가까워질 것
- 아래 코드는 "조금"의 정도를 learning rate(학습률)라는 하이퍼파라미터로 제어하고 있다. n 개의 데이터 x_i 에 대한 예측 오차가 E_i 라고 할 때 다음과 같이 기울기 w 와 절편 b 를 수정하는 것

$$w \leftarrow w - \eta \sum_{i=1}^n E_i x_i, \quad b \leftarrow b - \eta \sum_{i=1}^n E_i$$

- 벡터화 연산을 사용하여 아래와 같이 직선의 기울기와 절편을 갱신



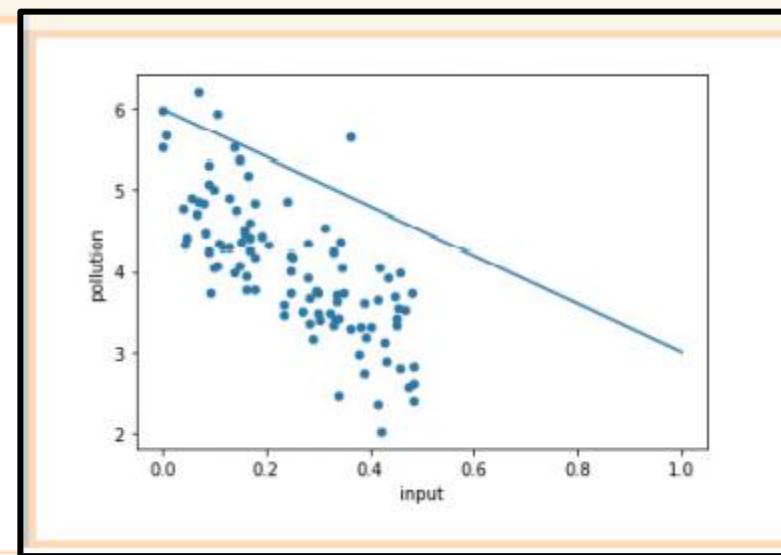
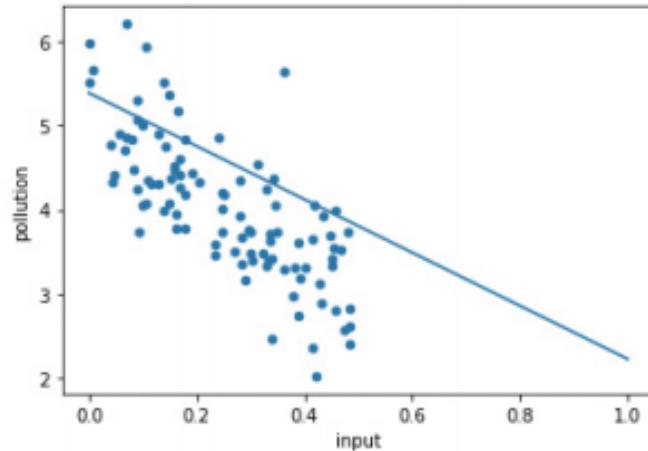
```
learning_rate = 0.005
w = w - learning_rate * (error * x).sum()
b = b - learning_rate * error.sum()
```

2.7 오차로 가설을 평가하고 좋은 가설 찾기

- 수정된 기울기 w 와 절편 b 를 이용하여 직선을 그려보자.
- 직선이 데이터를 잘 표현하도록 옮겨진 것을 확인할 수 있을 것

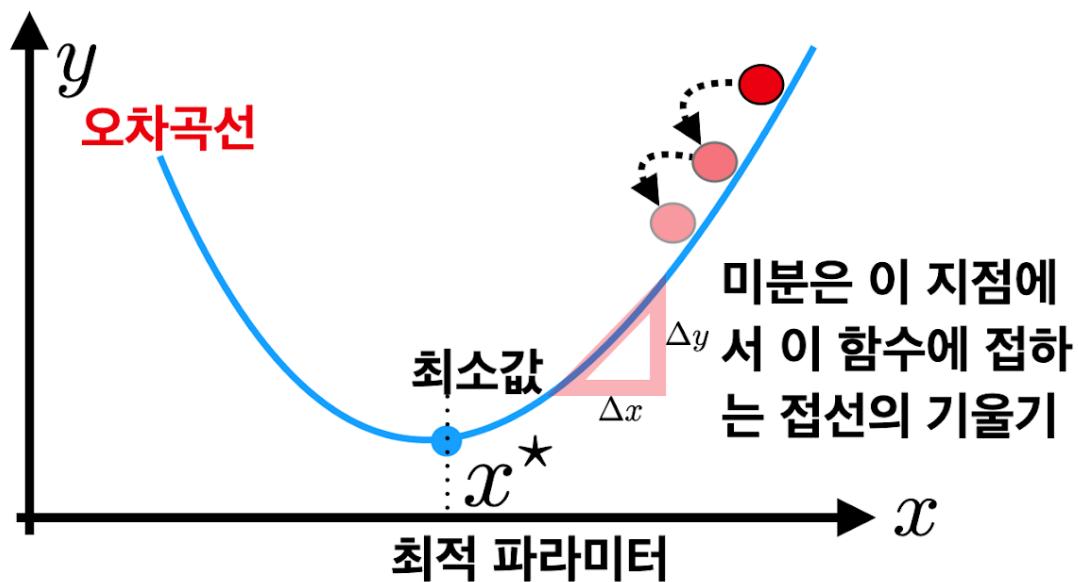


```
lin_data.plot(kind = 'scatter', x = 'input', y = 'pollution')  
plt.plot([x0, x1], [h(x0, w, b), h(x1, w, b)])
```



2.8 경사하강법

- 선형 회귀의 모델은 선형 방정식이고, 동작을 결정하는 파라미터는 직선의 기울기 w 와 절편 b
- 벡터로 표현하면 (w, b) 가 파라미터 벡터
- 학습 과정은 오차를 줄이도록 오차 곡면의 경사를 따라 내려가는 최적화 과정
: 경사 하강법(gradient descent)





```
def h(x, param):
    return param[0]*x + param[1]

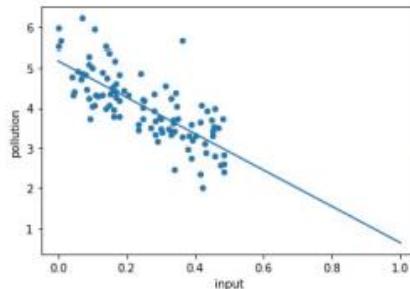
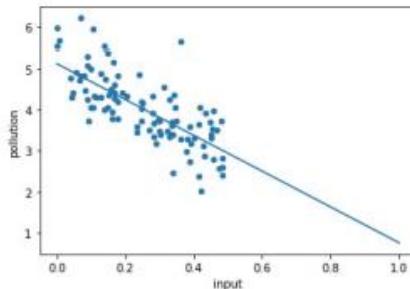
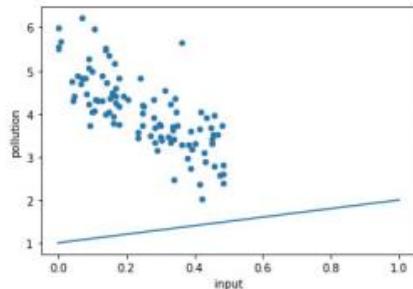
learning_iteration = 1000 # 학습 반복 횟수
learning_rate = 0.0025 # 학습률 : 학습율로 0.05, 0.001 등이 가능

param = [1, 1] # w, b를 하나의 변수로 함

x = lin_data['input'].to_numpy()
y = lin_data['pollution'].to_numpy()

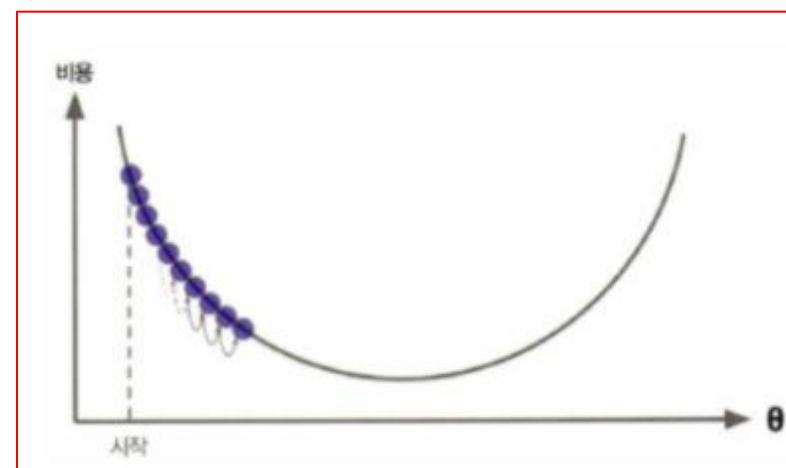
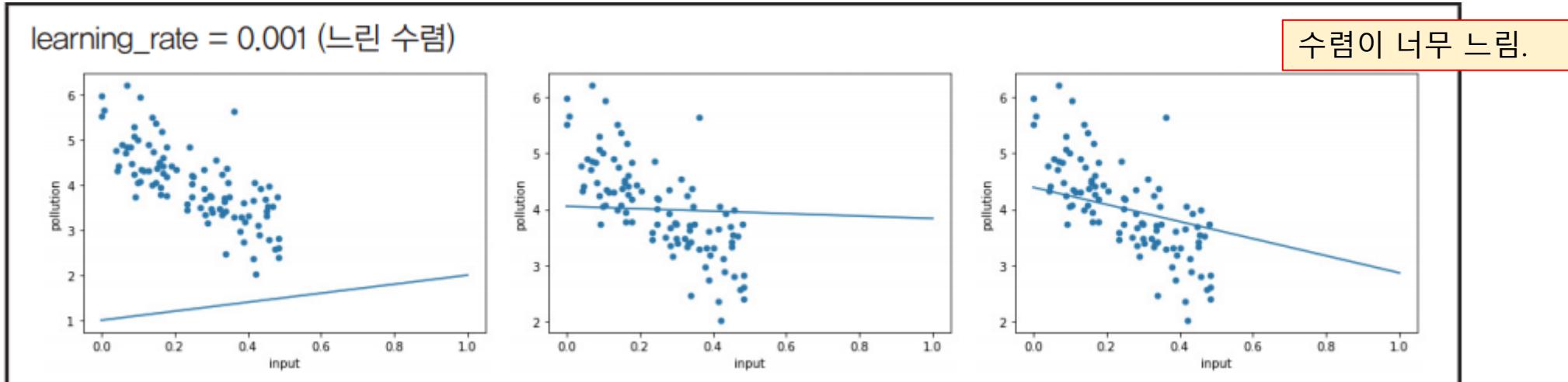
for i in range(learning_iteration):
    if i % 200 == 0:
        lin_data.plot(kind = 'scatter', x = 'input', y = 'pollution')

        plt.plot([0, 1], [h(0, param), h(1, param)])
        error = (h(x, param) - y)
        param[0] -= learning_rate * (error * x).sum()
        param[1] -= learning_rate * error.sum()
```

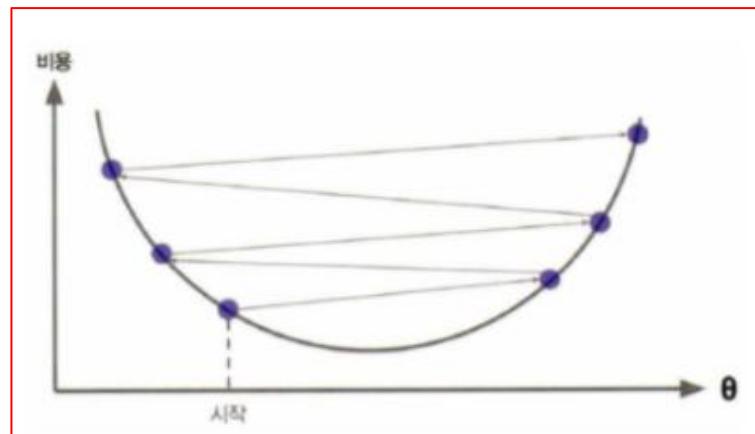
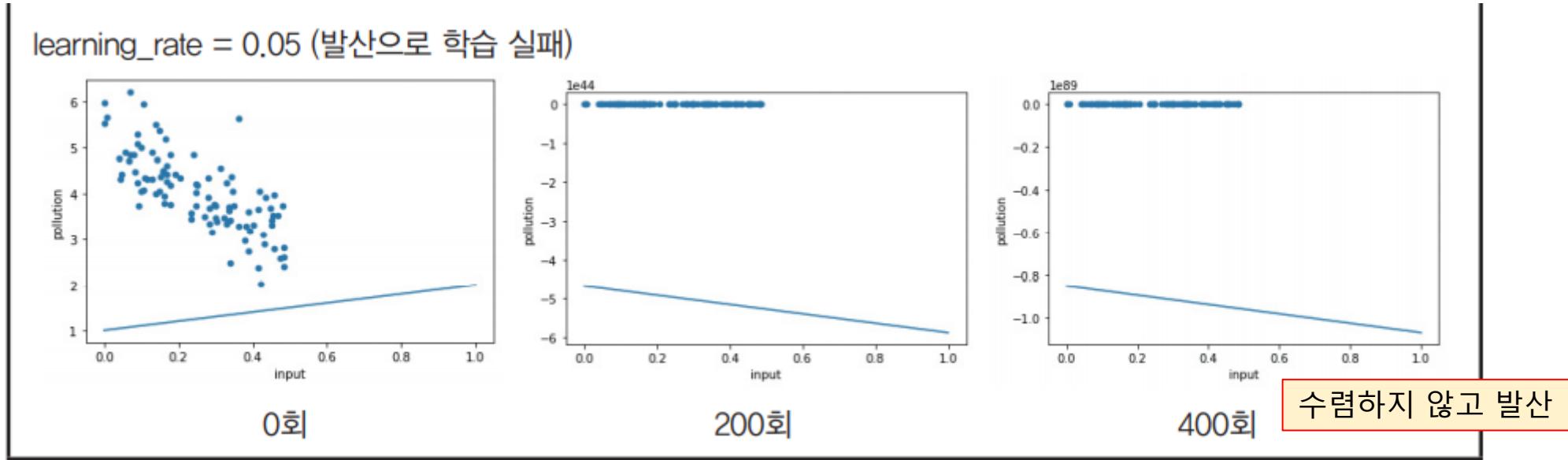


오차가 점점 줄어들면 회귀 직선이 데이터를 점점 더 정확하게 모델링

- learning_iteration과 learning_rate가 변경되면 학습으로 얻는 모델의 파라미터가 달라질 것
 - 학습을 제어하는 변수 : 하이퍼파라미터 **hyperparameter**라고 함



- learning_iteration과 learning_rate가 변경되면 학습으로 얻는 모델의 파라미터가 달라질 것
 - 학습을 제어하는 변수 : 하이퍼파라미터 **hyperparameter**라고 함



2.9 scikit-learn을 이용한 선형 회귀

- scikit-learn 라이브러리를 활용하여 선형 회귀를 구현
 - 사이킷런 scikit-learn: 선형 회귀, k-NN 알고리즘, 서포트 벡터머신, k-means 등 다양한 머신러닝 알고리즘을 쉽게 구현할 수 있게 해줌



```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn import linear_model # scikit-learn 모듈을 가져온다

data_home = 'https://github.com/dknife/ML/raw/main/data/'
lin_data = pd.read_csv(data_home+'pollution.csv')
```

2.9 scikit-learn을 이용한 선형 회귀

- scikit-learn의 선형 회귀 모델의 입력 데이터는 2차원 배열로, 각 행이 데이터 인스턴스이며, 각 데이터 인스턴스가 여러 개의 특징값을 가질 수 있음
- 현재 우리는 하나의 특징값만을 사용하지만 이 경우에도 하나의 원소를 가진 벡터로 제공해야 함.



```
x = lin_data['input'].to_numpy()  
y = lin_data['pollution'].to_numpy()  
x = x[:, np.newaxis]      # 선형 회귀 모델의 입력형식에 맞게 차원을 증가시킴  
print(x)
```

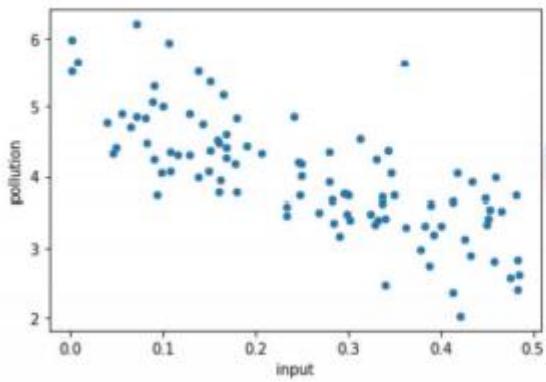
```
[[0.24055707]  
 [0.1597306 ]  
 ...  
 [0.00720486]  
 [0.29029368]]
```

2.9 scikit-learn을 이용한 선형 회귀

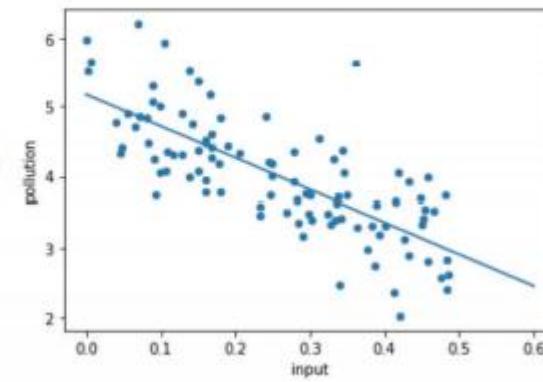
- 선형회귀 모델과 fit() 메소드의 역할?



```
regr = linear_model.LinearRegression()  
regr.fit(x, y) # 선형 회귀 모델에 데이터를 넣어 학습을 진행함
```



데이터를 기반으로 최적의
선형회귀 모델 생성



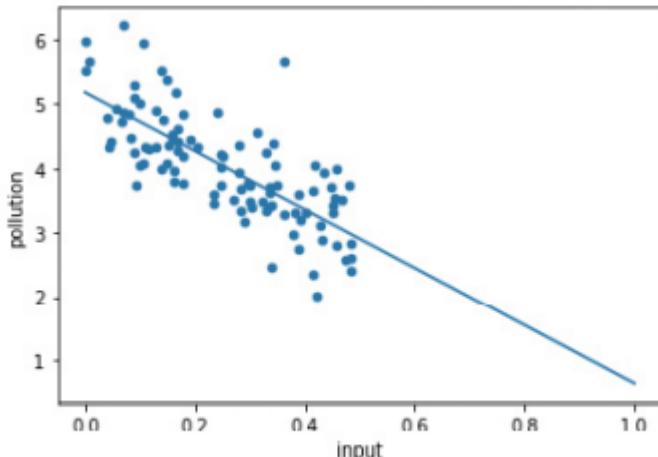
이전의 수렴 과정을 모
두 자동화하는 메소드가
바로 fit()

2.9 scikit-learn을 이용한 선형 회귀

- 입력으로 0과 1을 주고 이에 해당하는 출력값을 예측하도록 하면 됨

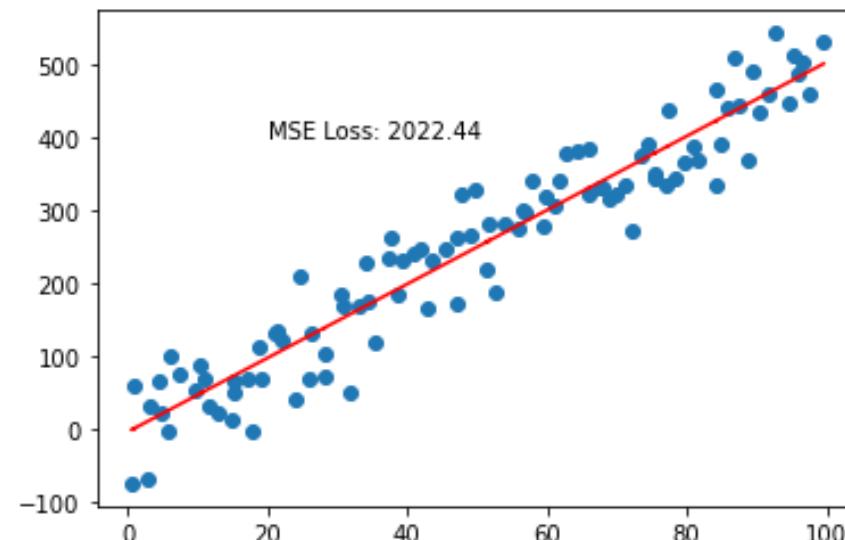


```
lin_data.plot(kind = 'scatter', x = 'input', y = 'pollution')
y_pred = regr.predict([[0], [1]])
plt.plot([0, 1], y_pred) # x 구간을 0에서 1 사이로 두자
```



실습문제

- 주어진 데이터셋(dataset1.csv)를 불러와서 아래 함수들을 정의하고, 평균 제곱오차(MSE)와 그래프를 그리세요.
 - `read_csv()`함수를 이용하세요 데이터 불러오기
 - $y = 5x + 50 \cdot N(0,1)$ 로 y 데이터 생성
 - $E_{MSE} = \frac{1}{N} \sum_i^N (y_i - \hat{y}_i)^2$ 로 평균제곱오차(MSE) 함수 정의
 - w 와 b 의 초기값은 0.5



감사합니다