예제 1.3

```
# 예제 1.3 p15

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
# 패키지 선언

plt.rc('font', family='Malgun Gothic')
# 한글 폰트 설정

x = np.arange(4) #values 개수만큼 필요

desc = ['찢어짐', '구멍', '접힘', '기타']
values = [22, 15, 5, 8]
# 설명과 변수 입력

plt.bar(x, values)
# 기본 막대그래프 생성

plt.bar(x, values, color=['red', 'orange', 'yellow', 'green'])
# 색상이 있는 막대그래프 생성

plt.xticks(x, desc)
plt.show()
```

예제 1.4

```
# 예제 1-3 p15

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
# 패키지 선언

plt.rc('font', family='Malgun Gothic')
# 한글 폰트 설정

desc = ['찢어짐', '구멍', '접힘', '기타']
values = [22, 15, 5, 8]
color=['red', 'orange', 'yellow', 'green']
# 설명과 변수 입력

plt.pie(values, labels=desc, autopct='%d%%', colors=color)
```

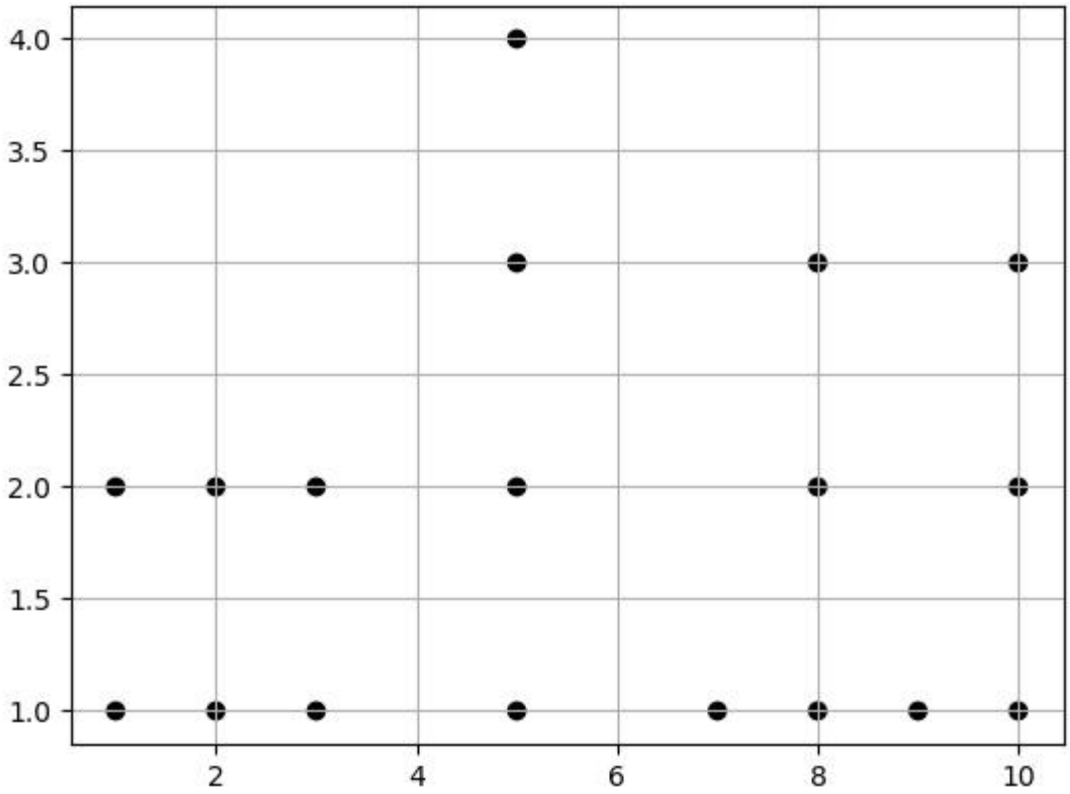
```
# 원 그래프 생성, 정수로만 표시, 색상 지정

plt.show()
```

예제 1.13

```
# 예제 (1.13) , p32
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# 기본 스타일 설정
plt.style.use('default')
plt.rcParams['figure.figsize'] = (4, 3)
plt.rcParams['font.size'] = 12

# 데이터 준비
np.random.seed(0)
values = [55.9, 63.8, 57.2, 59.8, 65.7, 62.7, 60.8, 51.3, 61.8, 56.0, 66.9, 56.8, 66.2, 64.6, 59.5, 63.1, 60.6, 62.0, 59.4, 67.2, 63.6, 60.5, 66.8, 61.8, 64.8, 55.8, 55.7, 77.1, 62.1, 61.0, 58.9, 60.0, 66.9, 61.7, 60.3, 51.5, 67.0, 60.2, 56.2, 59.4, 67.9, 64.9, 55.7, 61.4, 62.6, 56.4, 56.4, 69.4, 57.6, 63.8]

# 그래프 그리기
fig, ax = plt.subplots()

box = ax.boxplot([values], notch=False, whis=1, vert=False)
# vert : True(수직), False(수평), whis : 이상치 경계값, notch : 데이터의 모양을 홈 모양으로 표시

plt.show()
```

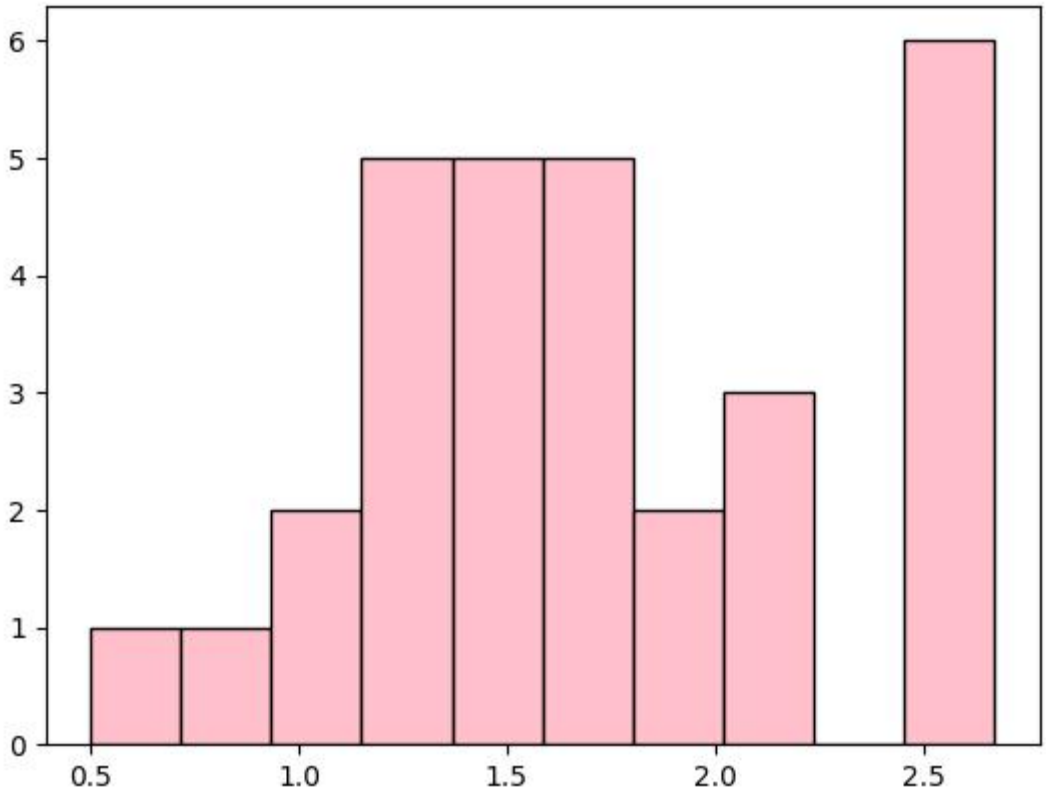
```
# 예제 (1.14) , p33
from statistics import *

work_time = [45, 43, 41, 39, 39, 35, 37, 40, 39, 36, 37]

print(f"평균 : {round(mean(work_time),1)}")
print(f"분산 : {variance(work_time)}")
print(f"표준편차 : {stdev(work_time)}")
# 평균은 round 함수 이용 소수점 첫째자리까지 표시/반올림, 분산, 표준편차는 전부 표시

# 연습문제 1, p39
```

```
import pandas as pd

# 데이터 입력
blood = ['O', 'O', 'A', 'B', 'A', 'O', 'A', 'A', 'A', 'O', 'B', 'O', 'B', 'O', 'O', 'A', 'O',
'O', 'A', 'A', 'A', 'A', 'AB', 'A', 'B', 'A', 'A', 'O', 'O', 'A', 'O', 'O', 'A', 'A', 'A', 'O',
'A', 'O', 'O', 'AB']

# 데이터프레임으로 개수 구하기
pd.Series(blood).value_counts()

# 연습문제 3, p39
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

values = [15, 3, 18, 10, 5, 12, 8, 5, 8, 10, 7, 2, 1, 5, 3, 5, 15, 10, 15, 9, 8, 18, 1, 2,
11]

bins = np.arange(11) + 0.5
# 히스토그램 계급구간 만들기

hist, edges = np.histogram(values, bins=bins)
# 계급구간 도수 구하기

y = np.arange(1,hist.max()+1)
# y = 도수 범위
x = np.arange(10) + 1
# 데이터 속성값 범위
X, Y = np.meshgrid(x, y)
# x-y 평면 범위 ( 격자 형태 )

plt.scatter(X, Y, c=Y<=hist, cmap="Greys", )
# 산점도 플롯 그리기

plt.grid()
plt.show()
```




```
# 연습문제 5, p40
import pandas as pd

speed = [1.28, 1.36, 1.24, 2.47, 1.94, 2.52, 2.67, 1.37, 1.56, 2.66, 2.17, 1.57, 2.10, 2.54, 1.63, 2.11, 2.57, 1.72, 0.76, 1.02, 1.78, 0.50, 1.49, 1.57, 1.04, 1.92, 1.55, 1.78, 1.70, 1.20]
label = ['0.45~0.89','0.90~1.34','1.35~1.79','1.80~2.24','2.25~2.70']

speed_cut = pd.cut(speed, 5, labels=label)
pd.value_counts(speed_cut).sort_index()

# 연습문제 5, p40
import matplotlib.pyplot as plt

speed = [1.28, 1.36, 1.24, 2.47, 1.94, 2.52, 2.67, 1.29, 1.56, 2.66, 2.17, 1.57, 2.10, 2.54, 1.63, 2.11, 2.57, 1.72, 0.76, 1.02, 1.78, 0.50, 1.49, 1.57, 1.04, 1.92, 1.55, 1.78, 1.70, 1.20]

plt.hist(speed, color='pink', edgecolor='black')
```

plt.show()

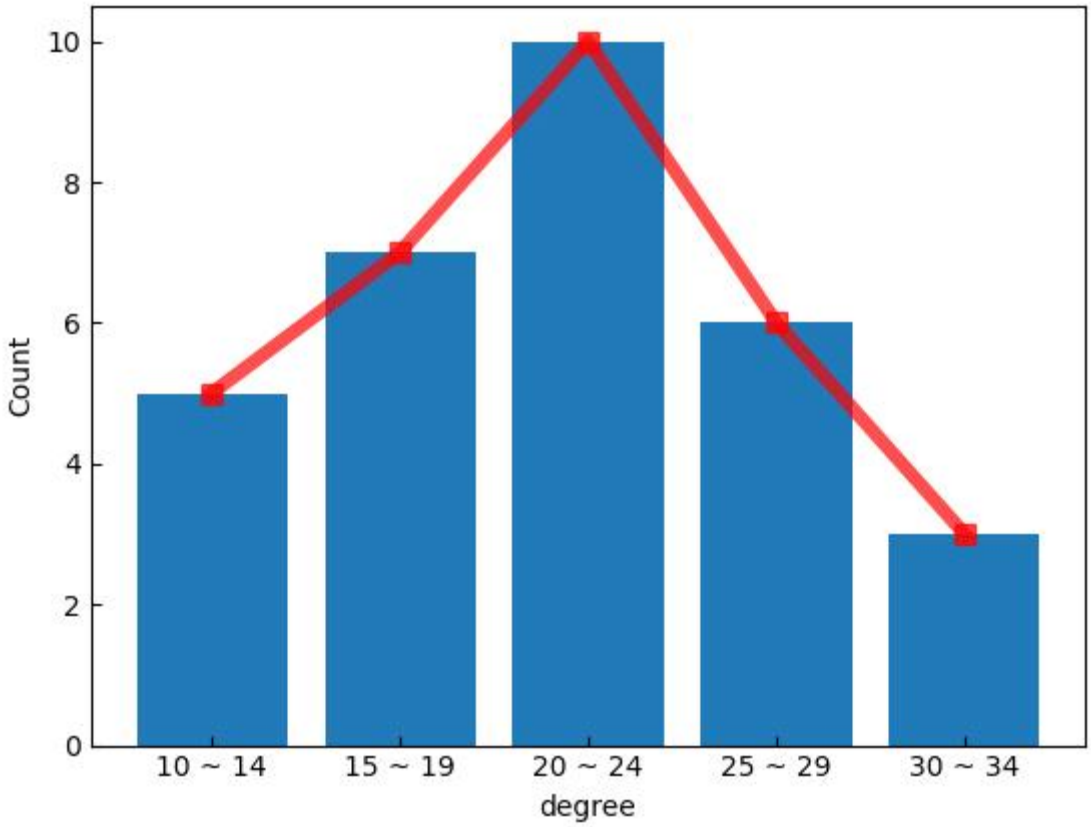



```
# 연습문제 6, p40

import stemgraphic

value = [20, 18, 25, 26, 17, 14, 20, 40, 18, 15, 22, 15, 17, 25, 22, 12, 52, 27, 24, 41, 34, 20, 17, 20, 19, 20, 16, 20, 15, 34, 22, 29, 29, 34, 27, 13, 6, 24, 47, 32, 12, 17, 36, 35, 41, 36, 32, 46, 30, 51]
# 데이터 입력

stemgraphic.stem_graphic(value, scale=10)
# 데이터 출력

# 연습문제 9, p41
data = [15.2, 15.3, 16.8, 23.2, 14.3, 21.9, 22.4, 20.5, 15.0, 17.0, 12.8, 21.0, 27.7, 28.0, 18.8, 16.4, 14.9, 20.0, 23.5, 23.9, 24.0, 13.2, 13.6, 24.1, 25.9, 30.8, 26.3, 32.1, 29.2, 31.5, 28.5]
bins = [10,15,20,25,30,35]
labels = ['10 ~ 14', '15 ~ 19', '20 ~ 24', '25 ~ 29', '30 ~ 34']
```

```
freq_table = {}
for label in labels:
    freq_table[label] = 0

for value in data:
    for i in range(len(bins)-1):
        if bins[i] <= value < bins[i+1]:
            freq_table[labels[i]] +=1
            break

print(freq_table)
```

putput > {'10 ~ 14': 5, '15 ~ 19': 7, '20 ~ 24': 10, '25 ~ 29': 6, '30 ~ 34': 3}

```
# 연습문제 9, p41
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

x = np.arange(5)
label = ['10 ~ 14', '15 ~ 19', '20 ~ 24', '25 ~ 29', '30 ~ 34']
values = [freq_table['10 ~ 14'], freq_table['15 ~ 19'], freq_table['20 ~ 24'], freq_table['25 ~ 29'], freq_table['30 ~ 34']]

fig, ax1 = plt.subplots()
ax1.plot(label, values, '-s', color='red', markersize=7, linewidth=5, alpha=0.7, label='Count')
ax1.set_xlabel('degree')
ax1.set_ylabel('Count')
ax1.tick_params(axis='both', direction='in')

plt.bar(x, values)
plt.xticks(x, label)

plt.show()
```




```
# 연습문제 17, p43
import stemgraphic

time = [5.9, 5.3, 1.6, 7.4, 9.8, 1.7, 8.9, 1.2, 2.1, 4.0, 6.5, 7.2, 7.3, 8.4, 8.9, 6.7, 9.2,
2.8, 4.5, 6.3, 7.6, 9.7, 9.4, 8.8, 3.5, 1.1, 4.3, 3.3, 3.1, 1.3, 8.4, 1.6, 8.2, 6.5, 4.1, 3.1,
1.1, 5.0, 9.4, 6.4, 7.7, 2.7]

stemgraphic.stem_graphic(time, scale=1)
```

```
    9.8
42  |  9 24478
37  |  8 244899
31  |  7 23467
26  |  6 34557
21  |  5 039
18  |  4 0135
14  |  3 1135
10  |  2 178
7   |  1 1123667
    1.1
```

```
Key: aggr|stem|leaf
42 |9 |2  =  9.2x1 = 9.2
```

```
# 연습문제 17, p43
from statistics import *

time = [5.9, 5.3, 1.6, 7.4, 9.8, 1.7, 8.9, 1.2, 2.1, 4.0, 6.5, 7.2, 7.3, 8.4, 8.9, 6.7, 9.2,
2.8, 4.5, 6.3, 7.6, 9.7, 9.4, 8.8, 3.5, 1.1, 4.3, 3.3, 3.1, 1.3, 8.4, 1.6, 8.2, 6.5, 4.1, 3.1,
1.1, 5.0, 9.4, 6.4, 7.7, 2.7]

print("평균: ", mean(time))
print("중위수(중앙값): ", median(time))
print("최빈수(최빈값): ", mode(time))
```

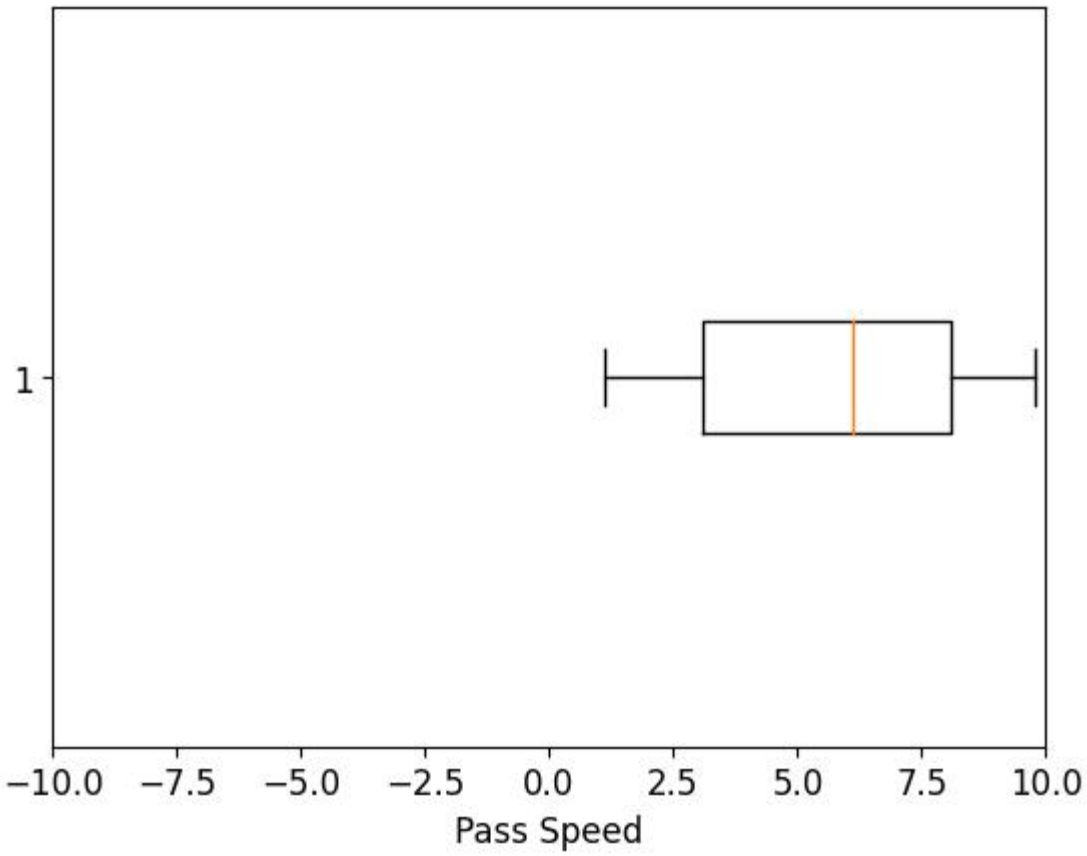
▶ 평균: 5.523809523809524
▶ 중위수(중앙값): 6.1
▶ 최빈수(최빈값): 1.6

```
# 연습문제 17, p43
from statistics import *

time = [5.9, 5.3, 1.6, 7.4, 9.8, 1.7, 8.9, 1.2, 2.1, 4.0, 6.5, 7.2, 7.3, 8.4, 8.9, 6.7, 9.2,
2.8, 4.5, 6.3, 7.6, 9.7, 9.4, 8.8, 3.5, 1.1, 4.3, 3.3, 3.1, 1.3, 8.4, 1.6, 8.2, 6.5, 4.1, 3.1,
1.1, 5.0, 9.4, 6.4, 7.7, 2.7]

print("범위: ", max(time) - min(time))
print("표준편차: ", stdev(time))
```

범위: 8.700000000000001
표준편차: 2.863036893844863

```
# 연습문제 17, p43
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np


time = [5.9, 5.3, 1.6, 7.4, 9.8, 1.7, 8.9, 1.2, 2.1, 4.0, 6.5, 7.2, 7.3, 8.4, 8.9, 6.7, 9.2,
2.8, 4.5, 6.3, 7.6, 9.7, 9.4, 8.8, 3.5, 1.1, 4.3, 3.3, 3.1, 1.3, 8.4, 1.6, 8.2, 6.5, 4.1, 3.1,
1.1, 5.0, 9.4, 6.4, 7.7, 2.7]

plt.style.use('default')
# 플롯 스타일 설정
```

```
plt.rcParams['font.size'] = 12
# 폰트 사이즈 지정

fig, ax = plt.subplots()
# 서브플롯 할당

ax.boxplot([time], notch=False, whis=2, vert=False)
# 박스플롯 생성

ax.set_xlim(-10.0, 10.0)
ax.set_xlabel('Pass Time')

plt.show()
```

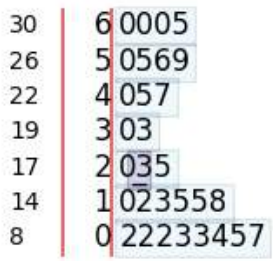


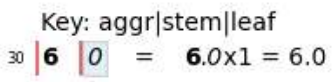

```
# 연습문제 14, p42
from statistics import *

sample = [66.9, 66.2, 71.0, 68.6, 65.4, 68.4, 71.9]
```

```
print(f"표본중앙값 : {median(sample)}")
print(f"표본평균 : {mean(sample):.3f}")
print(f"표본표준편차 : {stdev(sample):.3f}")
```

```
표본중앙값 : 68.4
표본평균 : 68.343
표본표준편차 : 2.419
```

```
# 연습문제 15, p43
import stemgraphic

values = [2.0, 3.0, 0.3, 3.3, 1.3, 0.4, 0.2, 6.0, 5.5, 6.5, 0.2, 2.3, 1.5, 4.0, 5.9, 1.8, 4.7, 0.7, 4.5, 0.3, 1.5, 0.5, 2.5, 5.0, 1.0, 6.0, 5.6, 6.0, 1.2, 0.2]

stemgraphic.stem_graphic(values, scale=1)
# scale1 = 소수점 왼쪽 1 기반 분석
```

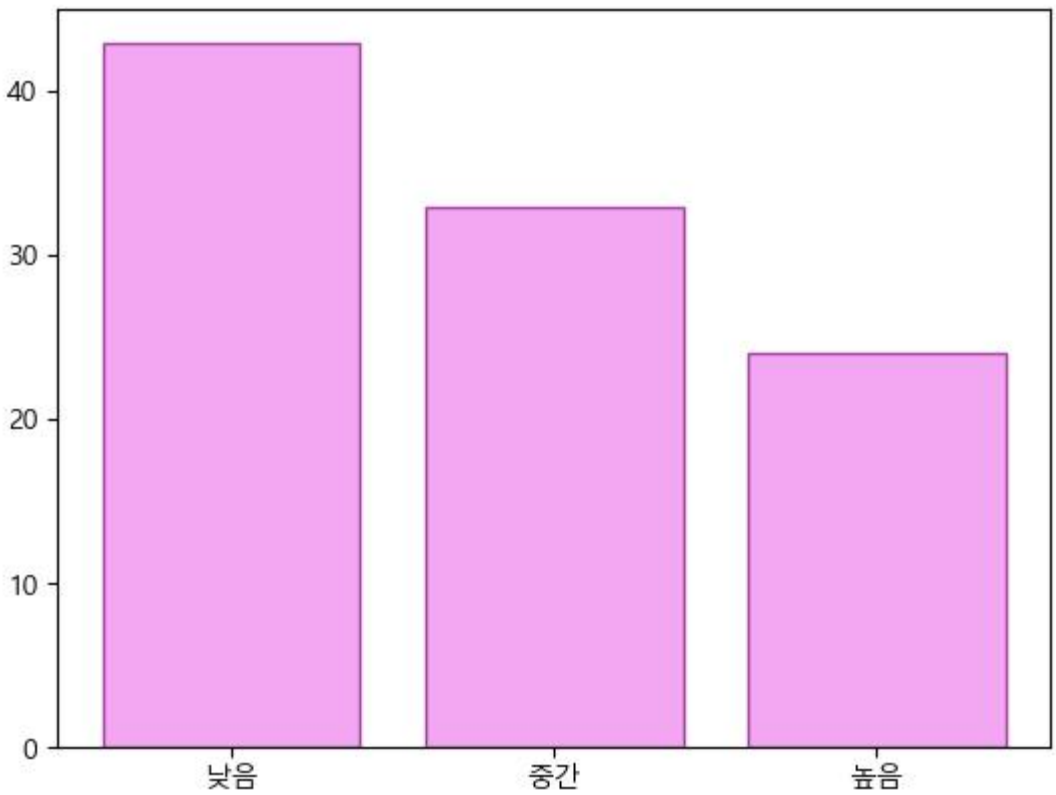




두변수 자료의 요약 - Part2

```
# 연습문제 2.8, p55 두변수 자료의 요약
# d type = low, middle, high
from matplotlib import pyplot as plt

non_serious_heart_attack = [29, 17, 18]
serious_heart_attack = [19, 20, 9]
values, re_values, tx_values = [], [], []
label = ['낮음', '중간', '높음']

# 콜레스테롤 수치에 따른 막대그래프, 주변 분포 구하기
# serious_heart_attack의 변수 수를 계산하여 반복하여 더해 저장
for i in range(len(non_serious_heart_attack)):
```

```
    xs = non_serious_heart_attack[i] + serious_heart_attack[i]
    values.append(xs)

# 토탈 값 구하기
total = sum(non_serious_heart_attack) + sum(serious_heart_attack)
for i in range(3):
    data = round((values[i] / total), 3)
    data = round((data * 100), 1)
    re_values.append(data)

plt.rc('font', family='Malgun Gothic')
plt.bar(label, re_values, color='violet', alpha=0.7, edgecolor='purple')
plt.show()
```




```
# 예제(5.4), p156 05 여러가지 확률분포
from scipy.integrate import quad
from scipy.stats import *

meeting_hours = 3

def f(x):
  if 0 <= x <= 4:
    return 1/4
```

```
  else:
    return 0

print(f"확률밀도함수 : {uniform.pdf(meeting_hours, loc=0, scale=4)}")
result, _ = quad(f, meeting_hours, 4)
print(f"회의가 최소한 3시간 이상일 확률 : {result}")
```

```
확률밀도함수 : 0.25
회의가 최소한 3시간 이상일 확률 : 0.25
```

```
# 예제(5.11), p161
from math import comb

n = 5     # 전체 제품 수
N = 40    # 전체 제품 중 불량품 수
k = 3     # 뽑은 제품 중 불량품 수

p = comb(3, 1) * comb(37, 4) / comb(40, 5)
print(f"정확히 한 개의 불량품이 있을 확률 : {round((p), 4)}")
```

```
정확히 한 개의 불량품이 있을 확률 : 0.3011
```

```
# 예제(5.20), p168

p = 0.05    # 5%의 확률로 상대방과 통화할 수 있음
# 1 try

value = (p) * (1-p) ** 3
print(f"네 번째 시도에서 상대방과 통화할 수 있는 확률 : {round(value, 4)}")
```

```
네 번째 시도에서 상대방과 통화할 수 있는 확률 : 0.0429
```

```
# 예제(5.21), p173
from scipy.stats import norm

mu    = 50  # 평균
sigma = 10  # 표준편차

# P(60 < X < 65)
prob = norm.cdf(65, mu, sigma) - norm.cdf(60, mu, sigma)
```

```
print(f"P(60 < X < 65) = {prob}")
```

```
P(60 < X < 65) = 0.09184805266259899
```

```
from scipy.stats import norm
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

plt.rc('font', family='Malgun Gothic')

mu = 1500
sigma = 75

# P(X < 1410)
prob = norm.cdf(1410, mu, sigma)

# P(1563 <= X <= 1648)
prob2 = norm.cdf(1648, mu, sigma) - norm.cdf(1563, mu, sigma)

# 백열전구의 수명이 1410시간 이하일 확률
print(f"P(X < 1410) = {prob:.4f}")
print(f"P(1536 < X < 1648) = {prob2:.4f}")
```

```
P(X < 1410) = 0.1151
P(1536 < X < 1648) = 0.1762
```

```
# 예제(5.25), p176
from scipy.stats import norm

mu = 6
sigma = 2.258
x = 5

# P(4.5 <= X <= 5.5)
prob = norm.cdf(x + 0.5, mu, sigma) - norm.cdf(x - 0.5, mu, sigma)
print(f"5대가 결점이 있을 확률 : {round((prob), 4)}")
```

```
5대가 결점이 있을 확률 : 0.1591
```

```
# 예제(5.27), p177
from scipy.stats import norm
```

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

plt.rc('font', family='Malgun Gothic')

x = 155
mu = (250 * 0.6)
sigma = 7.746

prob = norm.cdf(x + 0.5, mu, sigma)
print(f"예산삭감을 지지할 확률 : {round((prob), 4)}")
```

```
예산삭감을 지지할 확률 : 0.7612
```

```
# 예제(5.13), p163

# 은행에서는 오전 11시 ~ 12시 사이에 평균 60명의 손님이 방문할 때, 조건을 만족하는 확률을 구하시오

# [ 조건 ]
# 1. 오전 11시에서 12시 사이에 어느 1분 동안 두 손님이 방문할 확률은?
# 2. 어느 1분 동안에 3명 이하의 손님이 도착할 확률을 계산하시오

from math import exp, factorial

mean = 60 / 60

prob_2 = (mean ** 2) * exp(-mean) / factorial(2)
print(f"1분 동안 두 손님이 방문할 확률 : {prob_2:.3f}")
prob_3_or_fewer = sum([(mean ** i) * exp(-mean) / factorial(i) for i in range(4)])
print(f"1분 동안 3명 이하의 손님이 도착할 확률 : {prob_3_or_fewer:.3f}")
```

```
1분 동안 두 손님이 방문할 확률 : 0.184
1분 동안 3명 이하의 손님이 도착할 확률 : 0.981
```

여러 가지 확률분포

```
# 5장 연습문제
# 연습문제 01 , p181
from scipy.stats import uniform
```

```
a = 0
b = 10
x = 7
x1 = 2

prob = 1 - uniform.cdf(x, a, b-a)
print(f"승객이 7분 이상 기다릴 확률 : {round((prob), 1)}")
prob = uniform.cdf(x1, a, b-a) - uniform.cdf(x, a, b-a)
print(f"승객이 2분에서 7분 이상 기다릴 확률 : {round((abs(prob)), 1)}")
```

```
승객이 7분 이상 기다릴 확률 : 0.3
승객이 2분에서 7분 이상 기다릴 확률 : 0.5
```

```
# 연습문제 02 , p181
# 이항 분포 :  n번의 독립적인 시행에서 성공 확률이 p인 사건이 k번 이상 발생할 확률
from scipy.stats import binom

n = 20
p = 0.3
k = 10
sig = 4

prob = 1 - binom.cdf(k-1, n, p)
print(f"작업자 실수에 의해 발생할 확률 : {prob:.3f}%")
prob = binom.cdf(sig, n, p)
print(f"20번의 사고 중 4번 이하가 작업자 실수에 의해 발생할 확률 : {prob:.3f}%")
prob = binom.pmf(sig, n, p)
print(f"20번의 사고 중 5번만이 작업자 실수에 의해 발생할 확률 : {prob:.3f}%")
```

```
작업자 실수에 의해 발생할 확률 : 0.048%
20번의 사고 중 4번 이하가 작업자 실수에 의해 발생할 확률 : 0.238%
20번의 사고 중 5번만이 작업자 실수에 의해 발생할 확률 : 0.130%
```

```
# 연습문제 07 , p182
from scipy.stats import hypergeom

M = 25 # 전체 동물 수
n = 10 # 전체 동물 중 꼬리표가 있는 동물 수
N = 15 # 뽑은 동물 수
k = 5  # 뽑은 동물 중 꼬리표가 있는 동물 수
```

```
result = hypergeom.pmf(k, M, n, N)
print(f"생포한 동물 5마리에 꼬리표가 있을 확률 : {result:.4f}")
```

```
생포한 동물 5마리에 꼬리표가 있을 확률 : 0.2315
```

```
# 연습문제 09 , p182
from scipy.stats import hypergeom

M = 20 # 전체 기업수
n = 3  # 규정위반 기업수
N = 5  # 조사할 기업수
k = 0  # 규정위반 기업이 없을 확률
u = 2  # 규정위반 기업이 2개일 확률

result = hypergeom.pmf(k, M, n, N)
print(f"5개의 기업이 모두 규정위반기업이 아닐 확률 : {result:.3f}")
result = hypergeom.pmf(u, M, n, N)
print(f"5개의 기업 중 2개의 위반기업이 있을 확률 : {result:.3f}")
```

```
5개의 기업이 모두 규정위반기업이 아닐 확률 : 0.399
5개의 기업 중 2개의 위반기업이 있을 확률 : 0.132
```

```
# 연습문제 11 , p183
from scipy.stats import poisson

mu = 5 # 연간 평균 결함있는 차의 수
k = 3  # 기껏해야 3대일 확률
x = 1  # 결함차가 1대일 확률

result = poisson.cdf(k, mu)
print(f"연간 결함있는 차가 3대일 확률 : {result:.3f}")
result = 1 - poisson.cdf(x, mu)
print(f"결함을 나타내는 차가 연간 1대를 초과할 확률 : {result:.3f}")
```

```
연간 결함있는 차가 3대일 확률 : 0.265
결함을 나타내는 차가 연간 1대를 초과할 확률 : 0.960
```

[코드 변경 - fix, 수정]

```
# 연습문제 13 , p183
from scipy.stats import poisson
```

```
mu = 3 # 평균 3건의 교통사고 가정
k = 5  # 5건의 교통사고가 발생할 확률
u = 2  # 2건의 교통사고가 발생할 확률

result = poisson.pmf(k, mu)
print(f"정확히 4건의 교통사고가 일어날 확률 : {result:.3f}")
result = poisson.cdf(u, mu)
print(f"3건 미만의 교통사고가 일어날 확률 : {result:.3f}")
```

```
정확히 4건의 교통사고가 일어날 확률 : 0.101
3건 미만의 교통사고가 일어날 확률 : 0.423
```

```
# 연습문제 15 , p183
from scipy.stats import norm

z = [1.43, -0.89, -2.16, -0.65, -1.39, 1.96, -0.48, 1.74]

result = norm.cdf(z[0])
print(f"1 : Z=1.43의 왼쪽 면적 확률 : {result:.3f}")
result = 1 - norm.cdf(z[1])
print(f"2 : Z=-0.89의 오른쪽 면적 확률 : {result:.3f}")
result = norm.cdf(z[3]) - norm.cdf(z[2])
print(f"3 : Z=-2.16과 Z=-0.65 사이의 면적 확률 : {result:.3f}")
result = norm.cdf(z[4])
print(f"4 : Z=-1.39의 왼쪽 면적 확률 : {result:.3f}")
result = 1 - norm.cdf(z[5])
print(f"5 : Z=1.96의 오른쪽 면적 확률 : {result:.3f}")
result = norm.cdf(z[7]) - norm.cdf(z[6])
print(f"6 : Z=-0.48과 Z=1.74 사이의 면적 확률 : {result:.3f}")
```

@ 이거 줄이고 싶어도 관련 면적을 구하는 방법이라서 코드를 줄일 수 없습니다.
▶ 억지로 줄이면 난이도가 크게 올라 변경하지 않은 부분입니다.

```
1 : Z=1.43의 왼쪽 면적 확률 : 0.924
2 : Z=-0.89의 오른쪽 면적 확률 : 0.813
3 : Z=-2.16과 Z=-0.65 사이의 면적 확률 : 0.242
4 : Z=-1.39의 왼쪽 면적 확률 : 0.082
5 : Z=1.96의 오른쪽 면적 확률 : 0.025
6 : Z=-0.48과 Z=1.74 사이의 면적 확률 : 0.643
```

```
# 연습문제 17 , p184
```

```
from scipy.stats import norm

mu = 800   # 수명 평균값
sigma = 40 # 표준편차
x1 = 778   # 수명 최소값
x2 = 834   # 수명 최대값

result = norm.cdf(x2, mu, sigma) - norm.cdf(x1, mu, sigma)
print(f"전구의 수명이 778시간과 834시간 사이에 있을 확률 : {result:.3f}")
```

```
전구의 수명이 778시간과 834시간 사이에 있을 확률 : 0.511
```

```
# 연습문제 21 , p184
from scipy.stats import binom

n = 100  # 로트에 포함된 부품의 수
p = 0.05 # 불량 부품의 비율
k = 2    # 불량 부품의 수
u = 10   # 불량 부품의 수(2)

prob = 1 - binom.cdf(k, n, p)
print(f"불량 부품이 2개를 초과할 확률 : {prob:.3f}")
prob = 1 - binom.cdf(u, n, p)
print(f"불량 부품이 10개를 초과할 확률 : {prob:.3f}")
```

```
불량 부품이 2개를 초과할 확률 : 0.882
불량 부품이 10개를 초과할 확률 : 0.011
```

```
# 연습문제 23 , p185
from scipy.stats import expon

mu = 3  # 평균 3초
x1 = 5  # 5초 이상
x2 = 10 # 10초 이상

prob1 = 1 - expon.cdf(x1, scale=mu)
prob2 = 1 - expon.cdf(x2, scale=mu)

print(f"반응시간이 {x1}초를 초과할 확률 : {prob1:.3f}")
print(f"반응시간이 {x2}초를 초과할 확률 : {prob2:.3f}")
```

```
반응시간이 5초를 초과할 확률 : 0.189
```

반응시간이 10초를 초과할 확률 : 0.036

```
# 06 표본평균
# 예제(6.2), p190
from scipy.stats import binom

n = 400               # 차가 지나간 수
p = 0.48              # 안전벨트를 하고 있을 확률
k1 = int(0.45 * n)  # 안전벨트를 하고 있을 비율이 45%일 확률
k2 = int(0.55 * n)  # 안전벨트를 하고 있을 비율이 55%일 확률

prob = binom.cdf(k2, n, p) - binom.cdf(k1 - 1, n, p)
print(f'안전벨트를 하고 있을 비율이 45%에서 55%일 확률 : {prob:.4f}')
```

안전벨트를 하고 있을 비율이 45%에서 55%일 확률 : 0.8925

[오타 수정 (퍼센트 > 차이)]

```
# 예제(6.2), p192
from scipy.stats import norm

prob = 1 - norm.cdf(-0.20)
print(f'남자의 퍼센트와 여자의 차이가 10%를 넘을 확률 : {prob:.4f}')
```

남자의 퍼센트와 여자의 차이가 10%를 넘을 확률 : 0.5793

```
# 예제(6.4), p193
from scipy.stats import norm
import math

n1 = 200       # 혼인한 커플
p1 = 0.43      # 혼인한 커플의 집 소유 비율
n2 = 180       # 독신
p2 = 0.19      # 독신의 집 소유 비율
mu = p1 - p2  # 두 모집단의 차이

sd = math.sqrt(p1*(1-p1)/n1 + p2*(1-p2)/n2)  # 표준오차
print(f"표준오차 : {sd}")

sc = norm.ppf(0.1, mu, sd)  # 표준정규분포의 누적분포함수
print(f"퍼센트 차이가 몇 퍼센트보다 클 확률 : {round((sc), 3)}")
```

표준오차 : 0.04561249828720194

퍼센트 차이가 몇 퍼센트보다 클 확률 : 0.182

```
# 예제(6.7), p196
from scipy.stats import norm

mu = 650 # 평균 미결제 잔액
sd = 420 # 표준편차
n = 100  # 커플의 수
sem = 42 # 표준오차
cx = 700 # 700달러 이상 미결제 잔액을 가진 커플의 수

z = (cx - mu) / sem    # z스코어 구하기
p = 1 - norm.cdf(z)    # p벨류
print(f'700달러를 넘을 확률 : {p:.3f}')
```

700달러를 넘을 확률 : 0.117

```
# 예제(6.8), p197
from scipy.stats import norm

mu_a = 4.5  # 비료 A를 쓰는 분포표의 평균 수확
sd_a = 0.7  # 비료 A를 쓰는 분포표의 표준편차

mu_b = 4.3  # 비료 B를 쓰는 분포표의 평균 수확
sd_b = 0.4  # 비료 B를 쓰는 분포표의 표준편차

n_a = 45    # 비료 A를 쓰는 분포표의 표본 수
n_b = 50    # 비료 B를 쓰는 분포표의 표본 수

sem_a = sd_a / (n_a ** 0.5)
# 비료 A를 사용했을 때의 표준 오차를 계산
sem_b = sd_b / (n_b ** 0.5)
# 비료 B를 사용했을 때의 표준 오차를 계산
mu_diff = mu_a - mu_b
# 두 비료의 평균 수확량 차이를 계산
sd_diff = (sem_a ** 2 + sem_b ** 2) ** 0.5
# 두 비료의 표준 오차 차이를 계산
z = (0 - mu_diff) / sd_diff
z 점수를 계산
p = norm.cdf(z)
# z 점수를 사용하여 누적 분포 함수를 계산
```

```
print(f'비료 A를 쓰는 분포표의 평균 수확이 B를 평균 분포표보다 낮을 확률 : {p:.4f}')
```
비료 A를 쓰는 분포표의 평균 수확이 B를 평균 분포표보다 낮을 확률 : 0.0460

```
# 예제(6.9), p198
import math
mu_public = 8.5  # 주립학교 결석한 날 평균 수
sd_public = 4.1  # 주립학교 결석한 날 표준편차

mu_private = 5.3 # 사립학교 결석한 날 평균 수
sd_private = 2.9 # 사립학교 결석한 날 표준편차

n_public = 200   # 주립학교 학생 수
n_private = 150  # 사립학교 학생 수

probability = 0.95 # 확률
sd = math.sqrt(sd_public**2/n_public + sd_private**2/n_private)
ex = (mu_public - mu_private) - 1.645 * sd
print(f'확률이 0.95일 때 결석한 날 평균수의 차이 : {round((ex), 1)}')
print(f"넘을 확률 : {probability}")
```

확률이 0.95일 때 결석한 날 평균수의 차이 : 2.6
넘을 확률 : 0.95

```
# 예제(6.10), p202
from scipy.stats import t

p = t.cdf(-1.415, df=10)
tc = t.ppf(1 - 0.05, df=25)
print(f"P(T<=-1.415) = 1-P(T<=1.415) : {round((p), 3)}")
print(f"자유도가 n = 25, α = 0.05인 t : {round((tc), 3)}")
```

P(T<=-1.415) = 1-P(T<=1.415) : 0.094
자유도가 n = 25, α = 0.05인 t : 1.708

```
# 예제(6.14), p205
from scipy.stats import chi2

sample = [1.9, 2.4, 3.0, 3.5, 4.2]
n = len(sample)
mu = 3
sigma = 1
```

```
x2 = sum(((x - mu) / sigma) ** 2 for x in sample)
p = 1 - chi2.cdf(x2, df=n-1)

print(f"x²의 값 : {round((x2), 3)}")
print(f"P(x² > x₀²) : {round((p), 3)}")
```

x²의 값 : 3.26
P(x² > x₀²) : 0.515

```
# 예제(6.15), p205
from scipy.stats import chi2

df = 9 # 자유도

x = chi2.ppf(1 - 0.05, df=df)
print(f"x의 값 : {round((x), 2)}")
```

x의 값 : 16.92

```
# 예제(6.17), p208
from scipy.stats import f

p = 1 - f.cdf(3.18, dfn=9, dfd=9)
print(f"두 집단의 표본분산비가 3.18 이상일 확률 : {round((p), 3)}")
```

두 집단의 표본분산비가 3.18 이상일 확률 : 0.05

```
# 예제(6.17), p208
from scipy.stats import f

alpha = 0.05
dfn, dfd = 2, 4
f_value = f.ppf(1 - alpha, dfn, dfd)
f_value2 = f.ppf(1 - 0.1, dfn, dfd)

print(f'F0.05,(2,4) : {round((f_value), 2)}')
print(f'F0.01,(2,4) : {round((f_value2), 2)}')
```

F0.05,(2,4) : 6.94
F0.01,(2,4) : 4.32

```
# 연습문제 01 p210
from scipy.stats import norm

n = 200     # 유권자 200명
p = 0.455   # A 후보자 지지율 45.5%
k = 110     # A 후보자 지지할 최소 유권자

mu = n * p
sigma = (n * p * (1 - p)) ** 0.5
z = (k - mu) / sigma

prob = 1 - norm.cdf(z)
print(f'적어도 {k}명이 A 후보자를 지지할 확률: {prob:.4f}')
```

```
적어도 110명이 A 후보자를 지지할 확률: 0.0035
```

```
# 연습문제 03 p210
from scipy.stats import norm

n1 = 470        # 미혼 남자의 수
n2 = 619        # 미혼 여자의 수
p1 = 245 / n1   # 성인 전용 극장의 찬성 미혼 남자의 비율
p2 = 223 / n2   # 성인 전용 극장의 찬성 미혼 여자의 비율

mu = p1 - p2
sigma = ((p1 * (1 - p1) / n1) + (p2 * (1 - p2) / n2)) ** 0.5
z = (0.20 - mu) / sigma

prob = norm.cdf(z)
print(f'지지율의 차가 20% 이하가 될 확률 : {prob:.4f}')
```

```
지지율의 차가 20% 이하가 될 확률 : 0.9027
```

```
# 연습문제 05 p210
from scipy.stats import norm

n1 = 100   # 월요일 생산 차량 수
n2 = 200   # 다른 요일 생산 차량 수
p1 = 0.08  # 월요일 생산 차량 결함률
p2 = 0.06  # 다른 요일 생산 차량 결함률
```

```
mu = p1 - p2
sigma = ((p1 * (1 - p1) / n1) + (p2 * (1 - p2) / n2)) ** 0.5
z = (0.03 - mu) / sigma

prob = 1 - norm.cdf(z)
print(f'월요일 생산 차가 다른 요일의 생산 차보다 결함이 3% 많을 확률 : {prob:.3f}')
```

```
월요일 생산 차가 다른 요일의 생산 차보다 결함이 3% 많을 확률 : 0.377
```

```
# 연습문제 11 p211
from scipy.stats import norm
import math

z1 = (75 - 75) / (10 / math.sqrt(25))
z2 = (79 - 75) / (10 / math.sqrt(25))

prob = norm.cdf(z2) - norm.cdf(z1)
print(f'P({z1:.4f} <= Z <= {z2:.4f}) : {prob:.4f}')
```

```
P(0.0000 <= Z <= 2.0000): 0.4772
```

```
# 연습문제 15 p212
from scipy.stats import norm

sample_mean = 187.5   # 체납된 금액의 평균
std_dev = 54.5        # 체납된 금액의 표준편차
n = 50                # 랜덤 50개 추출

sample_std_dev = std_dev / (n ** 0.5)
prob = 1 - norm.cdf(200, sample_mean, sample_std_dev)

print(f"체납된 평균 금액이 200달러 이상일 확률 : {prob:.4f}")
```

```
체납된 평균 금액이 200달러 이상일 확률 : 0.0524
```

```
# 연습문제 17 p212
from math import sqrt
from scipy.stats import norm

mean1 = 50
var1 = 9
```

```
mean2 = 40
var2 = 4

n1 = 5
n2 = 4
mean_diff = mean1 - mean2
std_dev_diff = sqrt(var1 / n1 + var2 / n2)
prob = norm.cdf(8.2, mean_diff, std_dev_diff)

print(f"P(X-Y < 8.2)의 확률: {prob:.4f}")
```

```
P(X-Y < 8.2)의 확률: 0.1410
```

```
# 연습문제 22 p213
from scipy.stats import t

df = [17, 6, 18, 17]
t_value = [-1.740, 3.143, 1.330, -2.567]

p_value = t.cdf(t_value[0], df[0])

print(f'P(T < {t_value[0]}) = {p_value:.2f}')
p_value = t.cdf(t_value[1], df[1]) - t.cdf(-t_value[1], df[1])

print(f'P(|T| < {t_value[1]}) = {p_value:.2f}')
p_value = t.cdf(-t_value[2], df[2]) - t.cdf(t_value[2], df[2])

print(f'P({-t_value[2]} < T < {t_value[2]}) = {round((abs(p_value)), 3)}')
p_value = 1 - t.cdf(t_value[3], df[3])

print(f'P(T > {t_value[3]}) = {p_value:.2f}')
```

```
P(T < -1.74) = 0.05
P(|T| < 3.143) = 0.98
P(-1.33 < T < 1.33) = 0.8
P(T > -2.567) = 0.99
```

```
# 연습문제 25 p214
from scipy.stats import chi2

df = [8, 17, 11, 23]
```

```
alpha = [0.05, 0.01, 0.025, 0.95]

x = chi2.ppf(1 - alpha[0], df[0])

print(f'x²0.05 = {round((x), 2)}')
x = chi2.ppf(1 - alpha[1], df[1])

print(f'x²0.01 = {round((x), 2)}')
x = chi2.ppf(1 - alpha[2], df[2])

print(f'x²0.025 = {round((x), 2)}')
x = chi2.ppf(1 - alpha[3], df[3])

print(f'x²0.95 = {round((x), 2)}')
```

$x^2_{0.05}$ = 15.51
$x^2_{0.01}$ = 33.41
$x^2_{0.025}$ = 21.92
$x^2_{0.95}$ = 13.09

```
# 연습문제 26 p214
from scipy.stats import chi2

df = [19, 5, 10, 18]
x = [30.14, 5, 3.24, 3.49]
c = [15.99, 17.53]

p_value = 1 - chi2.cdf(x[0], df[0])
print(f'P(x² > {x[0]}) = {round((p_value), 2)}')

p_value = 1 - chi2.cdf(x[1], df[1])
print(f'P(x² > {x[1]}) = {round((p_value), 3)}')

p = chi2.cdf(c[0], df[2]) - chi2.cdf(x[2], df[2])
print(f'P({x[2]} < x² < {c[0]}) : {round((p), 3)}')

p = chi2.cdf(c[1], df[3]) - chi2.cdf(x[3], df[3])
print(f'P({x[3]} < x² < {c[1]}) : {round((p), 3)}')
```

P(x² > 30.14) = 0.05
P(x² > 5) = 0.416

P(3.24 < x^2 < 15.99) : 0.875
P(3.49 < x^2 < 17.53) : 0.513

```
# 연습문제 27 p214
from scipy import stats
from scipy.stats import chi2

df = [4, 19, 25]
p = [0.99, 0.025, 0.045]
c = [37.652]

x = chi2.ppf(1 - p[0], df[0])
print(f"P(x² > x²a) : {round((x), 3)}")

x = chi2.ppf(1 - p[1], df[1])
print(f"P(x² > x²a) : {round((x), 3)}")

Xa2 = chi2.ppf(1 - p[2], df[2])
P = chi2.cdf(Xa2, df[2]) - chi2.cdf(c[0], df[2])

print(f'P({c} < x² < {Xa2:.3f}) = {P:.3f}')
X_0_005_squared = stats.chi2.ppf(1 - 0.005, df)

print("x²0.005 =", round((X_0_005_squared[2]),3))
```

P(x^2 > x^2a) : 0.297
P(x^2 > x^2a) : 32.852
P([37.652] < x^2 < 38.123) = 0.005
$x^2_{0.005}$ = 46.928

```
# 연습문제 29 p215
from scipy.stats import chi2

n = [31]
sigma2 = [5]
alpha = [0.10, 0.95]

dof = n[0] - 1
upper_bound = chi2.ppf(1 - alpha[0], dof)

C = upper_bound * sigma2[0] / dof
```

```
print(f"P(S² <= C)=0.90 , C : {round((C), 2)}")

upper_bound2 = chi2.ppf(1 - alpha[1], dof)

C = upper_bound2 * sigma2[0] / dof
print(f"P(S² <= C)=0.95 , C : {round((C), 2)}")
```

```
P(S² <= C)=0.90 , C : 6.71
P(S² <= C)=0.95 , C : 3.08
```

```
# 연습문제 32 p215
from scipy.stats import f

alpha = 0.25
dfn, dfd = 3, 5
f_value = f.ppf(1 - alpha, dfn, dfd)
f_value2 = f.ppf(1 - 0.05, dfn, dfd)
f_value3 = f.ppf(1 - 0.975, dfn, dfd)
f_value4 = f.ppf(1 - 0.95, dfn, dfd)

print(f'F0.25,(3,5) : {round((f_value), 2)}')
print(f'F0.95,(3,5) : {round((f_value2), 2)}')
print(f'F0.975,(3,5) : {round((f_value3), 3)}')
print(f'F0.95,(3,5) : {round((f_value4), 4)}')
```

```
F0.25,(3,5) : 1.88
F0.95,(3,5) : 5.41
F0.975,(3,5) : 0.067
F0.95,(3,5) : 0.1109
```

```
# 연습문제 34 p216
from scipy.stats import f

n1 = 8
n2 = 12
f_ratio = 4.5

dof1 = n1 - 1
dof2 = n2 - 1

p_value = 1 - f.cdf(f_ratio, dof1, dof2)
```

```
print(f"표본분산비가 4.5 이상일 확률 : {round((p_value), 2)}")
```

```
표본분산비가 4.5 이상일 확률 : 0.01
```

```
# 통계적 추정
# 예제(7.2), p220
from math import sqrt
from scipy.stats import norm

n = 225
x = 18
p_hat = x / n
z = norm.ppf(0.975)
se = sqrt(p_hat * (1 - p_hat) / n)
lower = p_hat - z * se
upper = p_hat + z * se

print(f"95% 신뢰구간 : {round((lower), 3)}, {round((upper), 3)}")
```

```
95% 신뢰구간 : 0.045, 0.115
```

```
# 예제(7.5), p223
import math
from scipy.stats import norm

n1 = 125
p1 = 0.84
n2 = 150
p2 = 0.72
alpha = 0.1

phat1 = p1
phat2 = p2
phat = (n1 * phat1 + n2 * phat2) / (n1 + n2)
z = norm.ppf(1 - alpha / 2)
se = math.sqrt(phat * (1 - phat) * (1 / n1 + 1 / n2))

ci_low = (phat1 - phat2) - z * se
ci_high = (phat1 - phat2) + z * se

diff = phat1 - phat2
```

```
margin_of_error = z * se

print(f'차이: {diff:.2f} ± {margin_of_error:.3f}')
```

```
차이: 0.12 ± 0.083
```

```
# 예제(7.7), p226
from math import sqrt

x = 5.32          # 무작위 표본의 평균 박동수
sigma = 2.49      # 모표준편차
n = 50            # 표본의 크기(인수)
v = 1.96          # 95% 신뢰구간의 z-값

lower = x - (v * (sigma / sqrt(n)))
upper = x + (v * (sigma / sqrt(n)))

print(f"95% 신뢰구간 추정 : {round((lower), 3)} < μ < {round((upper), 3)}")
```

```
95% 신뢰구간 추정 : 25.9 < μ < 28.5
```

```
# 예제(7.11), p229
from math import sqrt

n      = 10       # 표본의 크기
x1     = 27.2     # 표본평균
s      = 1.8      # 표본표준편차
t      = 2.262    # t분포표에서 검정유의수준 0.05

lower = x1 - (t * s / sqrt(n))
upper = x1 + (t * (s / sqrt(n)))

print(f"95% 신뢰구간 추정 : {round((lower), 1)} < μ < {round((upper), 1)}")
```

```
# 연습문제 5 / 예제(7.12), p230
from scipy.stats import *
import numpy as np
import math

data = [0.43, 0.52, 0.46, 0.49, 0.60, 0.56]
xbar = np.mean(data)
```

```
sd    = round((np.std(data, ddof=1)), 4)
n     = len(data)
t     = 2.015

lower = xbar - (t * (sd / math.sqrt(n)))
upper = xbar + (t * (sd / math.sqrt(n)))

print(f"90% 신뢰구간 추정 : {round((lower), 3)} < μ < {round((upper), 3)}")
```

90% 신뢰구간 추정 : 0.458 < μ < 0.562

```
# 예제(7.14), p232
from math import sqrt

simga       = 0.05 # 유의수준 5%
z1          = 1.96 # 95% 구간의 z값

month       = 30   # 연구 기간 30개월
teamA       = 3.5  # teamA의 표준편차
teamA_mean = 12.3 # teamA의 사고 평균
teamB       = 3.4  # teamB의 표준편차
teamB_mean = 7.6  # teamB의 사고 평균

lower = (teamA_mean - teamB_mean) - (z1 * sqrt(((teamA**2) / month) + ((teamB**2)/month)))
upper = (teamA_mean - teamB_mean) + (z1 * sqrt(((teamA**2) / month) + ((teamB**2)/month)))

print(f"95% 신뢰구간 추정 : {round((lower), 2)} < μ1 - μ2 < {round((upper), 2)}")
```

95% 신뢰구간 추정 : 2.95 < μ1 - μ2 < 6.45

```
# 예제(7.16), p235
from math import sqrt
import numpy as np

data1 = [40, 49, 38, 48, 40]
data2 = [51, 41, 53, 39, 40, 47]

x1 = int(np.mean(data1))
x2 = int(np.mean(data2))
```

```
s1 = 5.517  # s1
n1 = len(data1)       # 구획 A
n2 = len(data2)       # 구획 B
t = 2.821

lower = (x1-x2) - (t * (s1 * sqrt(1/n1 + 1/n2)))
upper = (x1-x2) + (t * (s1 * sqrt(1/n1 + 1/n2)))

print(f"98% 신뢰구간 : {lower:.3f} < μ1 - μ2 < {upper:.3f}")
```

98% 신뢰구간 : -11.424 < μ1 - μ2 < 7.424

[코드 수정 > zip등 고급 함수 제외,. 난이도 감소]

```
import numpy as np
from scipy.stats import t

x = np.array([19, 11, 14, 17, 23, 11, 15, 19, 11, 8])
y = np.array([22, 18, 17, 19, 22, 12, 14, 11, 19,7])

d = x - y
d_bar = np.mean(d)
s_d = np.std(d, ddof=1)
n = len(d)

t_value = t.ppf(0.975, n - 1)
margin_of_error = t_value * s_d / np.sqrt(n)

lower = d_bar - margin_of_error
upper = d_bar + margin_of_error

print(f"95% 신뢰구간 : {round(lower, 2)} < μ(D) < {round(upper, 2)}")
```

95% 신뢰구간 : -4.55 < μ(D) < 1.95

```
# 예제(7.19), p240
from scipy.stats import chi2

weight = [46.4, 46.1, 45.8, 47.0, 46.1, 45.9, 45.8, 46.9, 45.2, 46.0]
n = len(weight)
x_bar = sum(weight) / n
```

```
s2 = sum((x - x_bar)**2 for x in weight) / (n - 1)
lower = (n - 1) * s2 / chi2.ppf(0.975, n - 1)
upper = (n - 1) * s2 / chi2.ppf(0.025, n - 1)

print(f"95% 신뢰구간 : ({round((lower), 3)} < σ^2 < {round((upper), 3)})")
```

95% 신뢰구간 : (0.135 < σ^2 < 0.954)

```
# 7장 연습문제
# 연습문제 1 p241 , node (3)
from math import sqrt
from scipy.stats import norm

n = 40           # 샘플 사이즈
x = 34           # 성공한 샘플의 수
p_hat = x / n    # 성공률
z = norm.ppf(0.975)
se = sqrt(p_hat * (1 - p_hat) / n)
lower = p_hat - z * se
upper = p_hat + z * se

print(f"성공률 p의 95% 신뢰구간 : ({round((lower), 3)} < p < {round((upper), 3)})")
```

성공률 p의 95% 신뢰구간 : (0.739 < p < 0.961)

```
# 연습문제 7 p242
from math import sqrt
from scipy.stats import norm

a = [928, 72]  # 품목 A
b = [772, 28]  # 품목 B

n1 = sum(a)
n2 = sum(b)

p1 = a[1] / n1
p2 = b[1] / n2

p_hat = p1 - p2
z = norm.ppf(0.975)

se = sqrt((p1 * (1 - p1) / n1) + (p2 * (1 - p2) / n2))
```

```
lower = -(p_hat - z * se)
upper = p_hat + z * se

print(f"신뢰 상한과 하한 : ({lower:.4f}, {upper:.4f})\n : ({lower:.4f} < p1 - p2 < {upper:.4f})")
```

```
신뢰 상한과 하한 : (-0.0165, 0.0575)
 : (-0.0165 < p1 - p2 < 0.0575)
```

```
# 연습문제 9 p242
from scipy.stats import *

n = 100
sample_mean = 1.022
sigma = 0.021

sem = sigma / (n ** 0.5)
ci = norm.interval(0.95, loc=sample_mean, scale=sem)

print(f"95% 신뢰구간 : ({round((ci[0]), 3)} < μ < {round((ci[1]), 3)}) [단위 : mm]")
```

```
95% 신뢰구간 : (1.018 < μ < 1.026) [단위 : mm]
```

```
# 연습문제 12 p243
import numpy as np
from scipy import stats

x = [4.6, 3.6, 4.0, 6.1, 8.8, 5.3, 1.2, 5.6, 3.3, 1.6]

x_mean = np.mean(x)
s = np.std(x, ddof=1)
sem = s / np.sqrt(len(x))
t_value = stats.t.ppf((1 + 0.90) / 2, len(x) - 1)
margin_of_error = t_value * sem

ci_lower = x_mean - margin_of_error
ci_upper = x_mean + margin_of_error

print(f"90%에 대한 모평균 뮤(μ)의 신뢰구간 : ({ci_lower:.2f} < μ < {ci_upper:.2f})")
```

```
90%에 대한 모평균 뮤(μ)의 신뢰구간 : (3.12 < μ < 5.70)
```

```
# 연습문제 18 p244
import numpy as np
from scipy import stats

man = [52, 60, 55, 46, 33, 75, 58, 45, 57, 88]
girl = [62, 58, 65, 56, 53, 45, 56, 65, 77, 47]

man_mean = np.mean(man)
girl_mean = np.mean(girl)

man_std = np.std(man, ddof=1)
girl_std = np.std(girl, ddof=1)

pooled_std = np.sqrt(((len(man) - 1) * man_std **2 + (len(girl) -1) * girl_std **2) /
(len(man) + len(girl) -2))

sem = pooled_std * np.sqrt(1 / len(man) +1 / len(girl))
t_value = stats.t.ppf((1 +0.90) /2 , len(man) + len(girl) -2)

margin_of_error = t_value * sem

ci_lower = (man_mean - girl_mean) - margin_of_error
ci_upper = (man_mean - girl_mean) + margin_of_error

print(f"합동표준편차 : {pooled_std:.2f}")
print(f"평균생존연령의 차이에 대한 90% 신뢰구간 : ({ci_lower:.2f} < μ < {ci_upper:.2f})")

합동표준편차 : 12.83
평균생존연령의 차이에 대한 90% 신뢰구간 : (-11.45 < μ < 8.45)

# 연습문제 20 p245
import numpy as np
from scipy import stats

data = [[1, 34400, 36700], [2, 45500, 46800], [3, 36700, 37700], [4, 32000, 31100], [5,
48400, 47800], [6, 32800, 36400], [7, 38100, 38900], [8, 30100, 31500]]

differences = [row[1] - row[2] for row in data]
d_mean = np.mean(differences)
s = np.std(differences, ddof=1)
sem = s / np.sqrt(len(differences))
```

```
t_value = stats.t.ppf((1 + 0.99) / 2, len(differences) - 1)
margin_of_error = t_value * sem

ci_lower = d_mean - margin_of_error
ci_upper = d_mean + margin_of_error

print(f"μ(d) 의 99% 신뢰구간 : ({round((ci_lower), 1)}km < μ(d) < {round((ci_upper), 1)}km)")
```

μ(d) 의 99% 신뢰구간 : (-2912.1km < μ(d) < 687.1km)

▶ 이 코드를 포함하여 유사한 일부 코드의 경우 특정한 조건 (문제의 요구 테스트 케이스) 를 맞추기 위해 위와 같이 설계되었으며 간단하게는 할 수 있으나 특정 테스트의 요구 데이터를 맞추기 위한 가공에 의해 불가합니다.

```
# 연습문제 25 p246
import numpy as np
from scipy import stats

life = [1.9, 2.4, 3.0, 3.5, 4.2]

x_mean = np.mean(life)
s = np.std(life, ddof=1)

chi2_lower = stats.chi2.ppf((1 - 0.95) / 2, len(life) - 1)
chi2_upper = stats.chi2.ppf((1 + 0.95) / 2, len(life) - 1)

ci_lower = (len(life) - 1) * s ** 2 / chi2_upper
ci_upper = (len(life) - 1) * s ** 2 / chi2_lower

print(f"α^2에 대한 95% 신뢰구간 : ({round((ci_lower), 2)} < α^2 < {round((ci_upper), 2)})")
```

α^2에 대한 95% 신뢰구간 : (0.29 < α^2 < 6.73)

```
# 연습문제 28 p247
import numpy as np
from scipy import stats

weight = [46.4, 46.1, 45.8, 47.0, 46.1, 45.9, 45.8, 46.9, 45.2, 46.0]
```

```
x_mean = np.mean(weight)
s = np.std(weight, ddof=1)

chi2_lower = stats.chi2.ppf((1 - 0.95) / 2, len(weight) - 1)
chi2_upper = stats.chi2.ppf((1 + 0.95) / 2, len(weight) - 1)

ci_lower = (len(weight) - 1) * s ** 2 / chi2_upper
ci_upper = (len(weight) - 1) * s ** 2 / chi2_lower

print(f"무게 분산에 대한 95% 신뢰구간 : ({round((ci_lower), 3)} < α^2 < {round((ci_upper), 3)})")
```

무게 분산에 대한 95% 신뢰구간 : (0.135 < α^2 < 0.954)

```
# 08 검정
# 예제 8.1
from statsmodels.stats.proportion import proportions_ztest

# 귀무 가설: 연합 일원들 중 쟁의를 지지하는 비율은 75% 이하이다.
# 대립 가설: 연합 일원들 중 쟁의를 지지하는 비율은 75% 초과이다.

n = 125 # 샘플 크기
x = 87 # 샘플 중 쟁의를 지지하는 인원 수
p = 0.75 # 귀무 가설 하에서의 비율

# z-검정
z_stat, p_value = proportions_ztest(x, n, p, alternative='smaller')

alpha = 0.10 # 유의 수준
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

p-value는 0.0947로, 유의 수준 0.1보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

```
# 예제(8.4), p256
from statsmodels.stats.proportion import proportions_ztest
```

```
# 귀무 가설: 두 조립 절차 간의 결점 비율 차이는 없다.
# 대립 가설: 두 조립 절차 간의 결점 비율 차이가 있다.

n1 = 350 # 첫 번째 조립 절차의 샘플 크기
x1 = 28 # 첫 번째 조립 절차에서 결점이 있는 차량 수
n2 = 500 # 두 번째 조립 절차의 샘플 크기
x2 = 32 # 두 번째 조립 절차에서 결점이 있는 차량 수

# z-검정
z_stat, p_value = proportions_ztest([x1, x2], [n1, n2])

alpha = 0.10 # 유의 수준

if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

p-value는 0.3701로, 유의 수준 0.1보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

# 예제(8.6), p258
from scipy import stats
import numpy as np

# 귀무 가설: 판매원의 평균 판매고는 1000달러 이하이다.
# 대립 가설: 판매원의 평균 판매고는 1000달러 초과이다.

sales = np.array([1280, 1250, 990, 1100, 880, 1300, 1100, 950, 1050]) # 판매고 데이터
mu = 1000   # 귀무 가설 하에서의 평균
sigma = 100 # 모표준편차

# z-검정
z_stat = (np.mean(sales) - mu) / (sigma / np.sqrt(len(sales)))
p_value = stats.norm.sf(z_stat)

alpha = 0.01 # 유의 수준 / 1%유의 수준
if p_value < alpha:
```

```
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다. \n따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다. \n따라서 귀무 가설을 기각하지 않는다")
```

```
p-value는 0.0013로, 유의 수준 0.01보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다
```

```
# 예제(8.7), p260
from scipy import stats
import numpy as np

# 귀무 가설: 에어컨의 새 브랜드가 전기를 하루에 6.5 킬로와트 이하로 사용한다.
# 대립 가설: 에어컨의 새 브랜드가 전기를 하루에 6.5 킬로와트 초과로 사용한다.

n      = 15  # 샘플 크기
x_bar = 7.0 # 표본 평균
s      = 1.4 # 표본 표준편차
mu     = 6.5 # 귀무 가설 하에서의 평균

# t-검정
t_stat = (x_bar - mu) / (s / np.sqrt(n))
p_value = stats.t.sf(t_stat, df=n-1)

alpha = 0.05 # 유의 수준
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다. \n따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다. \n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다")
```

```
p-value는 0.0941로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다
```

```
# 예제(8.9), p262
from scipy import stats
import numpy as np

# 귀무 가설: 유럽의 성인 몸무게와 미국 성인의 몸무게는 같다.
```

```
# 대립 가설: 유럽의 성인 몸무게가 미국 성인의 몸무게보다 작다.

n1     = 15  # 유럽 성인 샘플 크기
x1     = 154 # 유럽 성인 표본 평균
sigma1 = 10  # 유럽 성인 모표준편차

n2     = 18  # 미국 성인 샘플 크기
x2     = 162 # 미국 성인 표본 평균
sigma2 = 13  # 미국 성인 모표준편차

# z-검정
z_stat = (x1 - x2) / np.sqrt(sigma1**2 / n1 + sigma2**2 / n2)
p_value = stats.norm.cdf(z_stat)

alpha = 0.05 # 유의 수준
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다. \n따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다. \n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다.")

p-value는 0.0229로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.

# 예제(8.12), p266
from scipy import stats

# 귀무 가설: 남성과 여성 공무원들은 경찰서에 승진을 위해 똑같은 시간을 기다린다.
# 대립 가설: 남성과 여성 공무원들은 경찰서에 승진을 위해 다른 시간을 기다린다.

male_waiting_times = [8, 7, 10, 5, 7] # 남성 공무원들의 기다린 시간
female_waiting_times = [9, 5, 12, 8]  # 여성 공무원들의 기다린 시간

# t-검정
t_stat,_value=stats.ttest_ind(male_waiting_times,female_waiting_times, equal_var=False)
# 문법이 이상하다고 되어 있지만 복합문법으로 ttest.ind의 반환값이 튜플 / 리스트로서 인덱스를 통해 데이터를 분류할 수 있는 원리를 이용합니다.
# 위 문법은 파이썬 기초문법으로 자주 사용되는 문법입니다. ( 판다스 등 )
▶ ex = t_stat = return[0] , _value = return[1]
```

```
alpha = 0.05 # 유의 수준
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다. \n따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다. \n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다")
```

```
p-value는 0.5369로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다
```

```
# 예제(8.14), p269
from scipy import stats

# 귀무 가설: 새로운 정신안정제의 효과와 가짜약에 의한 효과는 같다.
# 대립 가설: 새로운 정신안정제의 효과가 가짜약에 의한 효과보다 좋다.

d = [-3, -7, -3, -2, 1, -1, 1, 8, -8, 1] # 차이

# t-검정
t_stat, p_value = stats.ttest_1samp(d, popmean=0)

alpha = 0.05 # 유의 수준
if p_value / 2 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value / 2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다. \n따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value / 2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다. \n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다.")
```

```
p-value는 0.1948로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다.
```

```
# 예제(8.16), p271
from scipy import stats
import numpy as np

# 귀무 가설: 햄스터의 몸무게의 분산은 2.25 이하이다.
# 대립 가설: 햄스터의 몸무게의 분산은 2.25 초과이다.
```

```
weights = np.array([12, 8, 7, 12, 14, 13]) # 햄스터들의 몸무게
n = len(weights)                           # 샘플 크기
s2 = np.var(weights, ddof=1)               # 표본 분산
sigma2 = 2.25                              # 귀무 가설 하에서의 분산

# 카이제곱 검정
chi2_stat = (n - 1) * s2 / sigma2
p_value = stats.chi2.sf(chi2_stat, df=n-1)

alpha = 0.05 # 유의 수준
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다. \n따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다. \n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다.")
```

```
p-value는 0.0032로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.
```

```
# 연습문제 1 p273, node (3) - B
from scipy import stats
from statsmodels.stats.proportion import proportions_ztest

# 귀무 가설: 시장의 지지율은 4년전과 같다.
# 대립 가설: 시장의 지지율은 4년전보다 낮다.

n = 300  # 샘플 크기
x = 158  # 지지하는 유권자 수
p = 0.56 # 귀무 가설 하에서의 비율

# z-검정
z_stat, p_value = proportions_ztest(x, n, p, alternative='smaller')

alpha = 0.05 # 유의 수준
print("2. 4년 전에 비하여 지지율이 내려갔다고 할 수 있는가? ")
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다. \n따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.")
else:
```

```
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다. \n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다.")
# 검정 결과에 따른 결론 : 지지율이 4년전에 비해 내려갔다고 할 수 없다.
```

2. 4년 전에 비하여 지지율이 내려갔다고 할 수 있는가?
p-value는 0.1238로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다.

```
# 연습문제 4 p273
from statsmodels.stats.proportion import proportions_ztest

# 귀무 가설: 새로운 약의 효과는 기존의 약의 효과와 같다.
# 대립 가설: 새로운 약의 효과가 기존의 약의 효과보다 높다.

n = 100 # 샘플 크기
x = 70  # 효과를 보인 사람 수
p = 0.6 # 귀무 가설 하에서의 비율

# z-검정
z_stat, p_value = proportions_ztest(x, n, p, alternative='larger')
# proportions_ztest 함수를 호출하여 z-통계량과 p-값을 계산

alpha = 0.05 # 유의 수준
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다. \n따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같습니다. \n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다.")
```

p-value는 0.0145로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.

```
# 연습문제 9 p274
from scipy import stats

# 도시 거주자의 지지율
city = [1] * 63 + [0] * 37
# 교외 거주자의 지지율
suburb = [1] * 59 + [0] * 66
```

```
# 두 집단 간의 비율 차이 검정
oddsratio, p_value = stats.fisher_exact([[63, 37], [59, 66]])

print(f'P-값: {p_value:.4f}')
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다. \n따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같습니다. \n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없다.")
```

```
P-값: 0.0221
p-value는 0.0221로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각하고 대립 가설을 채택한다.
```

```
# 연습문제 10 p274
from scipy import stats

# 귀무 가설: 두 집단(도시지역과 농촌지역)의 성인 여성 발병률은 독립적이다. 즉, 발병률은 지역에 따라 달라지지 않는다.
# 대립 가설: 두 집단(도시지역과 농촌지역)의 성인 여성 발병률은 독립적이지 않다. 즉, 발병률은 지역에 따라 달라진다.

# 도시지역의 성인여성 발병률
city = [1] * 20 + [0] * 180
# 농촌지역의 성인여성 발병률
rural = [1] * 10 + [0] * 140

# 두 집단 간의 비율 차이 검정
oddsratio, p_value = stats.fisher_exact([[20, 180], [10, 140]])
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
p-value는 0.3360로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 7 p274
import numpy as np
from scipy.stats import norm

# 귀무가설: 어떤 도시의 가정 중 1/5가 기름난방을 한다
# 대립가설: 어떤 도시의 가정 중 1/5가 기름난방을 하지 않는다

n = 1000 # 무작위로 추출한 가정의 수
x = 136 # 기름난방을 하는 가정의 수
p = 0.2 # 귀무가설에 따른 기름난방을 하는 가정의 비율

# 정규 근사를 사용한 검정
z = (x - n * p) / np.sqrt(n * p * (1 - p))
p_value = 2 * norm.sf(np.abs(z))
# np.abs == 절대값 연산하는 함수
print(f'p-value: {p_value}')

alpha = 0.02
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

p-value: 4.2003939760219985e-07
p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.02보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

# 연습문제 13 p275
from scipy.stats import chi2_contingency

# 귀무가설: 시와 인접지역의 유권자 지지율은 같다
# 대립가설: 시와 인접지역의 유권자 지지율은 다르다

observed = [[120, 80], [240, 260]] # 시와 인접지역의 찬성/반대 표

# 카이제곱 검정
chi2, p_value, dof, expected = chi2_contingency(observed)
print(f'p-value: {p_value:.4f}')
```

```
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
p-value: 0.0053
p-value는 0.0053로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

```
# 연습문제 14 p275
from scipy.stats import norm

# 귀무가설: 한국사람의 평균수명은 70년 이하이다
# 대립가설: 한국사람의 평균수명은 70년 초과이다

n     = 100  # 표본 크기
x_bar = 71.8 # 표본 평균
mu    = 70   # 귀무가설에 따른 모평균
sigma = 8.9  # 모표준편차

# z-검정
z = (x_bar - mu) / (sigma / n**0.5)
p_value = norm.sf(z)
#sf(z) = 1 - cdf(z)
print(f'p-value: {p_value:.4f}')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
p-value: 0.0216
p-value는 0.0216로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

```
# 연습문제 17 p276
from scipy.stats import t
import numpy as np

# 귀무가설: 신제품의 평균인장강도는 8kg이다
# 대립가설: 신제품의 평균인장강도는 8kg이 아니다

n     = 50  # 표본 크기
x_bar = 7.8 # 표본 평균
mu    = 8   # 귀무가설에 따른 모평균
s     = 0.5 # 표본 표준편차

# t-검정
t_stat = (x_bar - mu) / (s / n**0.5)
p_value = t.sf(np.abs(t_stat), n-1) * 2
# n-1) * 2는 t 통계량의 절대값이 주어진 경우, 그 값보다 크거나 작은 값을 얻을 확률(즉,
# 양측 p-value)을 계산
print(f'p-value: {p_value:.4f}')

alpha = 0.01
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

p-value: 0.0068
p-value는 0.0068로, 유의 수준 0.01보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

# 연습문제 18 p276
from scipy.stats import t
# type = t검정

# 귀무가설: 에디슨 진공청소기의 연평균 전력사용량은 46kwh 이상이다
# 대립가설: 에디슨 진공청소기의 연평균 전력사용량은 46kwh 미만이다

n     = 12   # 표본 크기
x_bar = 42   # 표본 평균
mu    = 46   # 귀무가설에 따른 모평균
```

```
s      = 11.9 # 표본 표준편차

# t-검정
t_stat = (x_bar - mu) / (s / n**0.5)
p_value = t.cdf(t_stat, n-1)

# -일 경우 abs로 절대값으로 취하면 된다. ( 예제 : 8e8 참조, t.cdf(np.abs(tstat)) )

print(f'p-value: {p_value:.4f}')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

p-value: 0.1344
p-value는 0.1344로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

# 연습문제 19 p276
from scipy.stats import t

# 귀무가설: μ가 10이다       | μ = 10
# 대립가설: μ가 10보다 적다 | μ > 10

n      = 16 # 표본 크기
x_bar = 11 # 표본 평균
mu     = 10 # 귀무가설에 따른 모평균
s      = 3  # 표본 표준편차

# 기각역 계산
alpha = 0.2 # 유의수준
t_crit = t.ppf(alpha, n-1)
# 유의수준 기반 기각역 계산
rejection_region = (t_crit)
print(f'기각역: {round((rejection_region), 4)}')

# t-검정
```

```
t_stat = (x_bar - mu) / (s / n**0.5)
print(f'검정통계량: {round((t_stat), 2)}\n')

if t_stat < t_crit:
    print(f"t_stat는 {round((t_stat), 2)}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"t_stat는 {round((t_stat), 2)}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
기각역: -0.8662
검정통계량: 1.33

t_stat는 1.33로, 유의 수준 0.2보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 20 p276
from scipy import stats

# 귀무가설: 약물복용 청소년의 평균 IQ는 이 지역의 평균 IQ인 110과 같다
# 대립가설: 약물복용 청소년의 평균 IQ는 이 지역의 평균 IQ인 110보다 낮다

iq = [125, 105, 117, 109, 118, 104, 98, 111, 107, 108, 135, 94, 90, 100, 99] # 약물복용 청소년의 IQ
mu = 110 # 귀무가설에 따른 모평균

# t-검정
t_stat, p_value = stats.ttest_1samp(iq, mu)
print(f'p-value: {p_value/2:.4f}')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
p-value: 0.2637
p-value는 0.5274로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 21 p277
import math
from scipy import stats

# 귀무가설: 전구의 평균 수명은 1000시간이다
# 대립가설: 전구의 평균 수명은 1000시간이 아니다

n      = 20   # 표본 크기
x_bar = 1216 # 표본 평균
mu     = 1000 # 귀무가설에 따른 모평균
s      = 495  # 표본 표준편차

# 이 문제를 풀기 위해서는 반드시 정규분포여야 한다.

# t-검정
t_statistic = (x_bar - mu) / (s / math.sqrt(n))

# 자유도 계산
df = n - 1

# p-value 계산 (양측 검정)
p_value = stats.t.sf(abs(t_statistic), df) * 2

# 결과 출력
print(f't-statistic: {t_statistic}')
print(f'p-value: {p_value}\n')

# 유의 수준 설정
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
t-statistic: 1.9514775076361803
p-value: 0.06590109707725218
p-value는 0.0659로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 22 p277
import numpy as np
from scipy import stats

# 딕셔너리로 데이터 입력 / np.array 혹은 리스트도 가능
sampleA = {'n1': 12, 'x1': 35, 's1': 4.2}
sampleB = {'n2': 16, 'x2': 43, 's2': 3.7}

# 통합분산 계산
pooled_var = ((sampleA['n1'] - 1) * sampleA['s1']**2 + (sampleB['n2'] - 1) * sampleB['s2']**2) / (sampleA['n1'] + sampleB['n2'] - 2)
print(f'통합분산: {pooled_var:.4f}')

# t-검정
t_stat, p_value = stats.ttest_ind_from_stats(sampleA['x1'], sampleA['s1'], sampleA['n1'], sampleB['x2'], sampleB['s2'], sampleB['n2'], equal_var=True)
print(f'p-value: {p_value}\n')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다. \n")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음 \n")

# 두 모평균의 차이에 대한 95% 신뢰구간 계산
diff_mean = sampleA['x1'] - sampleB['x2']
se = np.sqrt(pooled_var * (1/sampleA['n1'] + 1/sampleB['n2']))
margin_of_error = stats.t.ppf(0.975, df=sampleA['n1']+sampleB['n2']-2) * se
ci = [diff_mean - margin_of_error, diff_mean + margin_of_error]
print(f"t-value {t_stat}")
print(f'두 모평균의 차이에 대한 95% 신뢰구간 : {diff_mean:.4f} ± {margin_of_error:.4f}')

통합분산: 15.3612
p-value: 1.3550195956491572e-05

p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

t-value -5.345024082400142
두 모평균의 차이에 대한 95% 신뢰구간 : -8.0000 ± 3.0766

```
# 연습문제 23 p277
from scipy import stats
import numpy as np

# 귀무가설: 4년제 대학생과 2년제 대학생의 주당 과제물 수행 시간의 평균은 같다
# 대립가설: 4년제 대학생의 주당 과제물 수행 시간의 평균이 2년제 대학생보다 높다

n1 = 47              # 4년제 대학생 표본 크기
x1 = 18.6            # 4년제 대학생 표본 평균
s1 = np.sqrt(22.4) # 4년제 대학생 표본 표준편차

n2 = 36              # 2년제 대학생 표본 크기
x2 = 14.7            # 2년제 대학생 표본 평균
s2 = np.sqrt(20.9) # 2년제 대학생 표본 표준편차

# t-검정
t_stat, p_value = stats.ttest_ind_from_stats(x1, s1, n1, x2, s2, n2, equal_var=False)
print(f'p-value: {p_value/2:.4f}')

alpha = 0.01
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

p-value: 0.0001
p-value는 0.0003로, 유의 수준 0.01보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

```
# 연습문제 26 p278
from scipy import stats

# 귀무가설: 두 암기법의 평균은 같다
# 대립가설: 두 암기법의 평균은 다르다

learnA = [5, 2, 4, 7, 4, 4, 8, 3, 7, 6]  # 암기법 A
```

```
learnB = [6, 5, 4, 9, 4, 6, 8, 5, 6, 7]  # 암기법 B

# t-검정
t_stat, p_value = stats.ttest_ind(learnA, learnB)
print(f'p-value: {p_value:.4f}')

alpha = 0.01
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
p-value: 0.2289
p-value는 0.2289로, 유의 수준 0.01보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 27 p278

# 두 강재의 마모량을 비교하기 위한 실험을 할 때, 강재A와 강재B에 대하여 각각 12회 및 10회씩 실험한 결과 강재A의 마모량은 평균이 85, 표본표준편차가 4이고 강재B에서는 81과 5로 나타났다. 강재A의 마모량이 강재B의 마모량보다 2이상 심한지를 유의수준 0.05로 검정하라.

# [ 조건 ] : 단 분산이 같은 정규분포를 근사적으로 따른다.

from scipy import stats

# 귀무가설: 강재A의 마모량이 강재B의 마모량보다 2 이상 심하지 않다
# 대립가설: 강재A의 마모량이 강재B의 마모량보다 2 이상 심하다

n1 = 12 # 강재A 표본 크기
x1 = 85 # 강재A 표본 평균
s1 = 4  # 강재A 표본 표준편차

n2 = 10 # 강재B 표본 크기
x2 = 81 + 2 # 강재B 표본 평균
s2 = 5  # 강재B 표본 표준편차

# t-검정
```

```
t_stat, p_value = stats.ttest_ind_from_stats(x1, s1, n1, x2, s2, n2)
print(f'p-value: {p_value:.4f}')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
p-value: 0.3093
p-value는 0.3093로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 28 p279

# 어느 회사에서 직업 훈련이 근로자의 능력 향상에 효과가 있는지 알아보려고 한다. 이를 위해 16명의 근로자를 추출해 직업 훈련 전과 후의 작업능률 점수를 통해 알아본 결과 아래의 데이터와 같을 때,  이 조사결과에서 훈련 전과 훈련 후의 능률이 같은지 검정하시오.

# [ 조건 ] : 유의수준 1% 사용

from scipy import stats

# 귀무가설: 훈련 전과 훈련 후의 능률은 같다
# 대립가설: 훈련 전과 훈련 후의 능률은 다르다

after = [80, 90, 92, 75, 86, 90, 81, 70, 89, 88, 82, 79, 91, 90, 78, 89]
before = [75, 83, 96, 77, 81, 90, 82, 67, 94, 85, 78, 82, 98, 80, 87, 81]

# t-검정
t_stat, p_value = stats.ttest_rel(after,before)
print(f'p-value: {p_value:.4f}')

alpha = 0.01
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무
```

가설을 기각할 수 없음")

p-value: 0.5411
p-value는 0.5411로, 유의 수준 0.01보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

연습문제 30 p279
[조건] : 모집단은 정규분포를 따른다.

from scipy import stats

귀무가설 : 피로한 상태에서 신체기능조절능력이 떨어지지 않는다.
대립가설 : 피로한 상태에서 신체기능조절능력이 떨어진다.

non_fatigued = [158, 92, 65, 98, 33, 89, 148, 58, 142, 117, 74, 66, 109, 57, 85]
fatigued = [91, 59, 215, 226, 223, 91, 92, 177, 134, 116, 153, 219, 143, 164, 100]

t_statistic, p_value = stats.ttest_ind(non_fatigued,fatigued)
print(f"t-statistic : {t_statistic:.4f}")
print(f"p-value: {p_value:.4f}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

t-statistic : -3.1498
p-value: 0.0039

p-value는 0.0039로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

연습문제 31 p280

[조건] : 유의수준 0.01로 검정하여라

from scipy import stats

```
# 귀무가설: 모분산이 0.03이다
# 대립가설: 모분산이 0.03이 아니다

l = [10.2, 9.7, 10.1, 10.3, 10.1, 9.8, 9.9, 10.4, 10.3, 9.8]
n = len(l)
s2 = sum((x - sum(l)/n)**2 for x in l) / (n-1)
chi2_stat = (n-1) * s2 / 0.03
p_value = stats.chi2.sf(chi2_stat, n-1)

print(f"검정통계량 : {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value : {p_value:.4f}\n")

alpha = 0.01
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
검정통계량 : 18.1333
p-value : 0.0337

p-value는 0.0337로, 유의 수준 0.01보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 32 p280

# [ 조건 ] : 함량의 분포는 근사적으로 정규분포를 따른다.

from scipy import stats

# 귀무가설 : 기계가 관리하에 있다.
# 대립가설 : 기계가 관리하에 있지 않다.

n = 25
sample_variance = 2.03
population_variance = 1.15

chi_squared_statistic = (n - 1) * sample_variance / population_variance
p_value = 1 - stats.chi2.cdf(chi_squared_statistic, n - 1)
```

```
print(f"Chi-statistic: {chi_squared_statistic:.4f}")
print(f"p-value: {p_value:.4f}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
Chi-statistic: 42.3652
p-value: 0.0117

p-value는 0.0117로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

```
# 연습문제 33 p280

from scipy import stats

# 귀무가설 : 시스템이 안정적이다. ( 분산이 1g 이하이다. )
# 대립가설 : 시스템이 안정적이지 않다. ( 분산이 1g 이하가 아니다. )

n = 10
s2 = 0.16
alpha = 0.05
chi2_stat = (n-1) * s2 / 1
p_value = stats.chi2.sf(chi2_stat, n-1)

print(f"statistics : {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value : {p_value:.4f}\n")

if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

statistics : 1.4400
p-value : 0.9976

p-value는 0.9976로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

범주형 자료와 카이제곱검정

```
# 연습문제 1 / 예제(9.2), p284
from scipy import stats

# 귀무가설 : 3 종류 고장의 확률은 각각 20%, 50%, 30%
# 대립가설 : 3 종류 고장의 확률은 각각 20%, 50%, 30%가 아니다.

observed = [9, 24, 13]
expected = [0.2 * 46, 0.5 * 46, 0.3 * 46]
chi2_stat, p_value = stats.chisquare(observed, expected)

print(f"검정통계량: {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value: {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

검정통계량: 0.0942
p-value: 0.9539906110247998

p-value는 0.9540로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

```
# 연습문제 2 / 예제(9.4), p286
from scipy import stats

# 귀무가설 : 월요일과 금요일에 사고가 빈번하게 발생하지 않는다.
# 대립가설 : 월요일과 금요일에 사고가 빈번하게 발생한다.
```

```
data = {'월요일' : 65,  '화요일' : 43, '수요일' : 48, '목요일' : 41, '금요일' : 73}
observed = list(data.values())
total = sum(observed)
expected = [total/5 for _ in range(5)]
chi2_stat, p_value = stats.chisquare(observed, expected)

print(f"검정통계량: {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value: {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
검정통계량: 14.9630
p-value: 0.004778654086776808
```

p-value는 0.0048로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

```
# 예제(9.6)

# 회사에서 학력과 회사에 대한 만족도 조사의 연관성이 있는지 알아보기 위해 회사원 300명을 랜덤하게 뽑아 조사한 결과 다음의 자료를 얻었다. 두 변수에 연관성이 있다고 할 수 있는가?

from scipy import stats

# 귀무가설 : 학력과 회사에 대한 만족도는 연관성이 없다.
# 대립가설 : 학력과 회사에 대한 만족도는 연관성이 있다.

dataA = ['고졸 이하', 40, 32, 10]
dataB = ['대졸 이하', 92, 50, 28]
dataC = ['대학원 이상', 16, 20, 12]

observed = [dataA[1:], dataB[1:], dataC[1:]]
chi2_stat, p_value, dof, expected = stats.chi2_contingency(observed)
```

```
print(f"검정통계량: {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value: {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
검정통계량: 8.7636
p-value: 0.06728899139887037
p-value는 0.0673로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 예제(9.7)

from scipy import stats

# 귀무가설 : 승용차의 크기와 통근 거리 사이에 관계가 없다.
# 대립가설 : 승용차의 크기와 통근 거리 사이에 관계가 있다.

경승용차   = [6, 27, 19]
소형승용차 = [8, 36, 17]
중형승용차 = [21, 45, 33]
대형승용차 = [14, 18, 6]

observed = [경승용차, 소형승용차, 중형승용차, 대형승용차]
chi2_stat, p_value, dof, expected = stats.chi2_contingency(observed)

print(f"검정통계량: {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value: {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

검정통계량: 14.1584
p-value: 0.027916449953844118

p-value는 0.0279로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

# 예제(9.9)
from scipy import stats

귀무가설 : 지역에 따라 지지도가 다르지 않다.
대립가설 : 지역에 따라 지지도가 다르다.

서울 = [73, 71, 56]
부산 = [102, 55, 43]
대구 = [73, 66, 61]
광주 = [62, 98, 40]

observed = [서울, 부산, 대구, 광주]
chi2_stat, p_value, dof, expected = stats.chi2_contingency(observed)

print(f"검정통계량: {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value: {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

검정통계량: 31.2946
p-value: 2.226786050768775e-05

p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

예제(9.11)

[조건] : 유의수준 1%에서 검정

```
from scipy import stats

# 귀무가설: 지역에 따라 공해를 느끼는 정도가 차이가 없다.
# 대립가설: 지역에 따라 공해를 느끼는 정도가 차이가 있다.

지역1 = [20, 28, 23, 14, 12]
지역2 = [14, 34, 21, 14, 12]
지역3 = [4, 12, 10, 20, 53]

observed = [지역1, 지역2, 지역3]
chi2_stat, p_value, dof, expected = stats.chi2_contingency(observed)

print(f"검정통계량: {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value: {p_value}\n")

alpha = 0.01
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

검정통계량: 70.6416
p-value: 3.661824689679792e-12

p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.01보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

# 연습문제 5

from scipy import stats

# 귀무가설 : 시간에 따라 사상자가 다르지 않다.
# 대립가설 : 시간에 따라 사상자가 다르다.

사상자 = [1372, 1578, 1686]
total = sum(사상자)
expected = [total/3 for _ in range(3)]
chi2_stat, p_value = stats.chisquare(사상자, expected)
```

```
print(f"검정통계량: {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value: {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
검정통계량: 32.9370
p-value: 7.043980413550305e-08

p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

```
# 연습문제 6
from scipy import stats

# 귀무가설 : 5개 다리를 이용하는 교통량의 비율이 2 : 3 : 3 : 4 : 6이다.
# 대립가설 : 5개 다리를 이용하는 교통량의 비율이 2 : 3 : 3 : 4 : 6이 아니다.

observed = [720, 970, 1013, 1380, 1917]
total = sum(observed)
expected = [total * (2/18), total * (3/18), total * (3/18), total * (4/18), total * (6/18)]
chi2_stat, p_value = stats.chisquare(observed, expected)

print(f"검정통계량: {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value: {p_value:.4f}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
검정통계량: 10.4135
p-value: 0.0340
```

p-value는 0.0340로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

연습문제 7

```
from scipy import stats

# 귀무가설 : 경품의 선호도에 차이가 없다.
# 대립가설 : 경품의 선호도에 차이가 있다.

frequency = [183, 175, 142]
total = sum(frequency)
expected = [total/3 for _ in range(3)]
chi2_stat, p_value = stats.chisquare(frequency, expected)

print(f"검정통계량 : {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value : {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

검정통계량 : 5.6680
p-value : 0.058772737287579 06

p-value는 0.0588로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

연습문제 8

```
from scipy import stats

# 귀무가설: 범죄발생건수가 대도시의 각 지역과는 무관하다.
# 대립가설: 범죄발생건수가 대도시의 각 지역과는 무관하지 않다.

지역1 = [162, 118, 451, 18]
지역2 = [310, 196, 996, 25]
```

```
지역3 = [258, 193, 458, 10]
지역4 = [280, 175, 390, 19]

observed = [지역1, 지역2, 지역3, 지역4]
chi2_stat, p_value, dof, expected = stats.chi2_contingency(observed)

print(f"검정통계량 : {chi2_stat:.4f}")
print(f"p-value : {p_value}\n")

alpha = 0.01
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
검정통계량 : 124.5297
p-value : 1.576242682023537e-22

p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.01보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

```
# 연습문제 9
from scipy.stats import chi2_contingency

# 귀무가설: 나이와 선호하는 자동차 종류는 무관하다.
# 대립가설: 나이와 선호하는 자동차 종류는 무관하지 않다.

data = [[42, 29, 12, 58], [59, 34, 43, 19], [67, 42, 81, 7]]
chi2, p_value, dof, expected = chi2_contingency(data)

print(f"검정통계량: {chi2:.4f}")
print(f"p-value: {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무
```

```
가설을 기각할 수 없음")

검정통계량: 104.3775
p-value: 3.058332817880553e-20

p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

# 연습문제 13
from scipy.stats import chi2_contingency

# 귀무가설: 운동 강도와 흡연습관은 독립이다.
# 대립가설: 운동 강도와 흡연습관은 독립이 아니다.

data = [[113, 113, 110, 159], [119, 135, 172, 190], [77, 91, 86, 65], [181, 152, 124, 73]]
chi2, p_value, dof, expected = chi2_contingency(data)

print(f"검정통계량: {chi2:.4f}")
print(f"p-value: {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

검정통계량: 87.2727
p-value: 5.7306646048374425e-15

p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

# 연습문제 14
from scipy.stats import chi2_contingency

# 귀무가설 : 등급과 기계의 종류는 독립이다.
# 대립가설 : 등급과 기계의 종류는 독립이 아니다.
```

```
data = [[78, 65, 68], [22, 8, 30]]
chi2, p_value, dof, expected = chi2_contingency(data)

print(f"검정통계량 : {chi2:.4f}")
print(f"p-value : {p_value}\n")

alpha = 0.01
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
검정통계량 : 9.3759
p-value : 0.009205414784649132

p-value는 0.0092로, 유의 수준 0.01보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

```
# 연습문제 15
from scipy.stats import chi2_contingency

# 귀무가설 : 몸의 정도와 머리 잃는 정도는 관계가 없다.
# 대립가설 : 몸의 정도와 머리 잃는 정도는 관계가 있다.

data = [[137, 22, 40], [218, 34, 67], [153, 30, 68]]
chi2, p_value, dof, expected = chi2_contingency(data)

print(f"검정통계량 : {chi2:.4f}")
print(f"p-value : {p_value}\n")

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
검정통계량 : 4.8089
```

p-value : 0.30747607236753727

p-value는 0.3075로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

```
# 연습문제 9 p302, node (16)
from scipy.stats import chi2_contingency
import numpy as np

# 귀무가설: 낮, 저녁, 밤에 만들어진 제품의 불량품과 양품의 비율이 서로 같다.
# 대립가설: 낮, 저녁, 밤에 만들어진 제품의 불량품과 양품의 비율이 서로 다르다.

defective = [80, 70, 80]
non_defective = [1120, 930, 720]

obs = np.array([defective, non_defective])
chi2, p_value, dof, expected = chi2_contingency(obs)
print(f'p-value: {p_value:.4f}')

alpha = 0.025
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

p-value: 0.0144
p-value는 0.0144로, 유의 수준 0.025보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

```
# 연습문제 17
from scipy.stats import chi2_contingency
import numpy as np

# 귀무가설: 각 기간마다 주부의 생활수준의 비율은 동일하다.
# 대립가설: 각 기간마다 주부의 생활수준의 비율은 동일하지 않다.

improved = [72, 63, 47, 40]
same     = [144, 135, 100, 105]
```

```
worsened = [84, 102, 53, 55]

obs = np.array([improved, same, worsened])
chi2, p_value, dof, expected = chi2_contingency(obs)
print(f'p-value: {p_value}')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
p-value: 0.43170620277662486
p-value는 0.4317로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 18 p302
from scipy.stats import chi2_contingency
import numpy as np

# 귀무가설: 두 도시의 유권자들의 성향은 동일하다.
# 대립가설: 두 도시의 유권자들의 성향은 동일하지 않다.

candidate_A = [204, 225]
candidate_B = [211, 198]
undecided   = [85, 77]

obs = np.array([candidate_A, candidate_B, undecided])
chi2, p_value, dof, expected = chi2_contingency(obs)
print(f'p-value: {p_value}')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
p-value: 0.39926962230647095
```

p-value는 0.3993로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

```
# 연습문제 20
from scipy.stats import chi2_contingency
import numpy as np

# 귀무가설: 지역에 따라 찬성률에 차이가 없다.
# 대립가설: 지역에 따라 찬성률에 차이가 있다.

region1 = [198, 202]
region2 = [140, 210]
region3 = [133, 217]

obs = np.array([region1[:2], region2[:2], region3[:2]])
chi2, p_value, dof, expected = chi2_contingency(obs)
print(f'p-value: {p_value}')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
p-value: 0.002811845136348792
p-value는 0.0028로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

```
# 예제(10.2)
두 변수간 표본상관계수 r을 구하시오

import numpy as np

x = [2.4, 3.4, 4.6, 3.7, 2.2, 3.3, 4.0, 2.1]
y = [1.33, 2.12, 1.80, 1.65, 2.00, 1.76, 2.11, 1.63]

x_mean = np.mean(x)
y_mean = np.mean(y)
numerator = sum((x_i - x_mean) * (y_i - y_mean) for x_i, y_i in zip(x, y))
```

```
denominator = np.sqrt(sum((x_i - x_mean) ** 2 for x_i in x)) * np.sqrt(sum((y_i - y_mean) ** 2 for y_i in y))
r = numerator / denominator

print(f'표본상관계수 r: {r:.3f}')
```

```
표본상관계수 r: 0.347
```

[코드 수정 > b0 + b1]

```
import numpy as np
from scipy import stats

x = np.array([4.3, 4.5, 5.9, 5.6, 6.1, 5.2, 3.8, 2.1, 7.5])
y = np.array([126, 121, 116, 118, 114, 118, 132, 141, 108])

# 1. 상관계수 계산
r, _ = stats.pearsonr(x, y)
print(f'1. 상관계수 r : {r:.4f}')

# 2. 회귀직선의 방정식 계산
b1, b0, _, _, _ = stats.linregress(x, y)
print(f'2. 회귀직선의 방정식: y = {b0:.4f} ± {b1:.4f}x')

# 3. 강우량이 x = 5.8 일 때 대기오염 제거정도 추정
x = 5.8
y_hat = b0 + b1 * x
print(f'3. 강우량이 {x} 일 때 대기오염 제거정도: {y_hat:.3f}')
```

```
1. 상관계수 r : -0.9787
2. 회귀직선의 방정식: y = 153.1755 ± -6.3240x
3. 강우량이 5.8 일 때 대기오염 제거정도: 116.496
```

[코드 수정 > 난이도 조절]

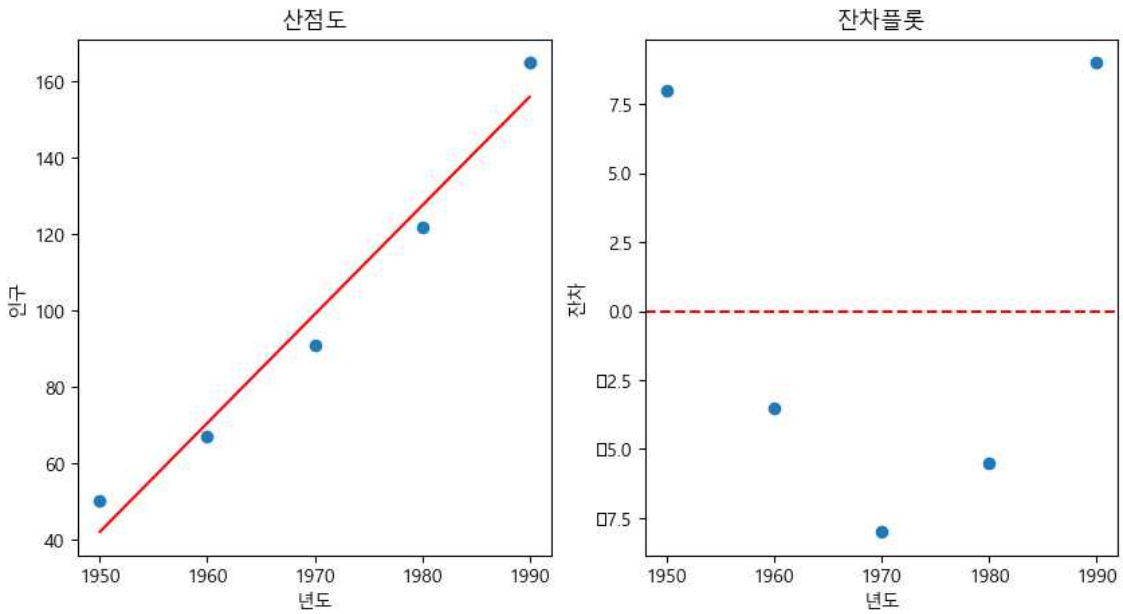
```
import numpy as np
from scipy import stats

x = np.array([4.3, 4.5, 5.9, 5.6, 6.1, 5.2, 3.8, 2.1, 7.5])
y = np.array([126, 121, 116, 118, 114, 118, 132, 141, 108])

# 상관계수 계산
r, _ = stats.pearsonr(x, y)
```

```
# 결정계수 R^2 계산
r2 = r**2
print(f'결정계수 R²: {r2:.5f}')
```

결정계수 R²: 0.95777

[코드 수정 > zip 및 단일 for문 수정]

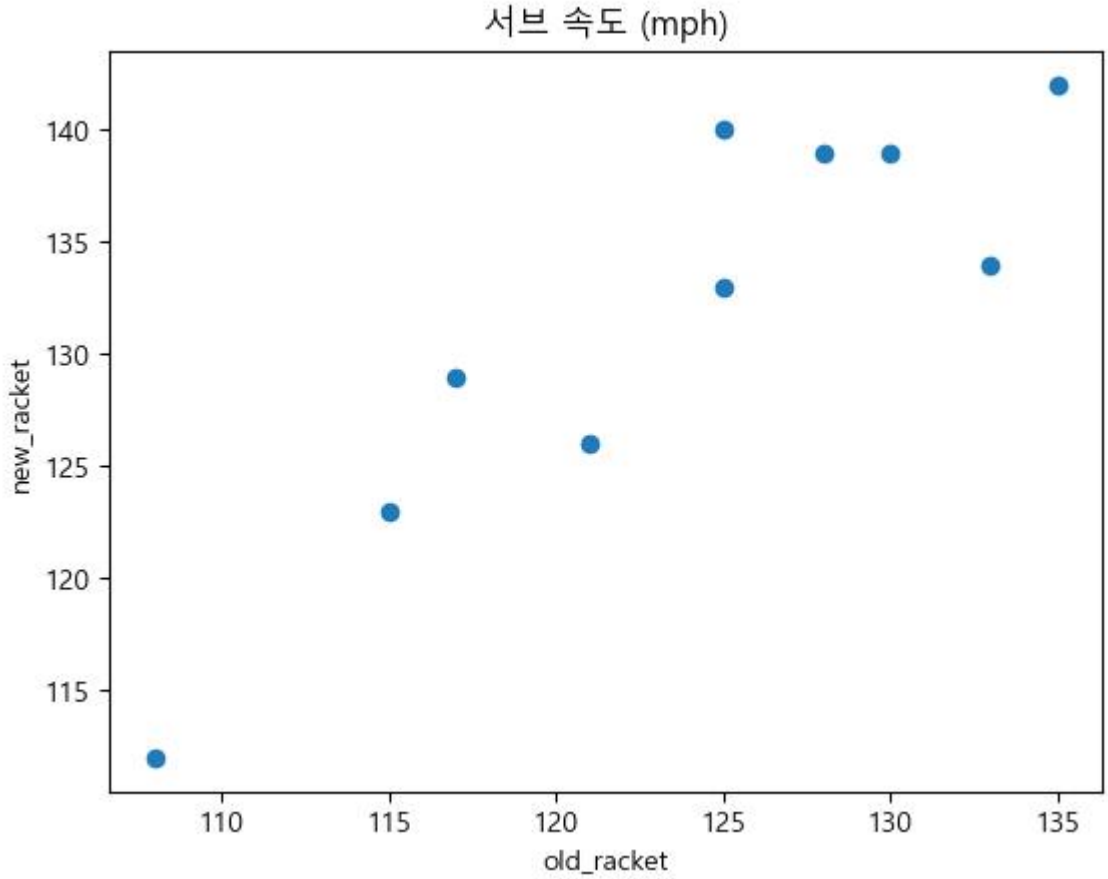
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy import stats

x = np.array([1950, 1960, 1970, 1980, 1990])
y = np.array([50, 67, 91, 122, 165])

# 회귀직선의 방정식 계산
slope, intercept, _, _, _ = stats.linregress(x, y)

# 예측값과 잔차 계산
y_hat = intercept + slope * x
residuals = y - y_hat

# 산점도와 잔차플롯 그리기
fig, (ax1, ax2) = plt.subplots(1, 2, figsize=(10, 5))

ax1.scatter(x, y)
ax1.plot(x, y_hat, color='r')
ax1.set_xlabel('년도')
ax1.set_ylabel('인구')
ax1.set_title('산점도')

ax2.scatter(x, residuals)
ax2.axhline(y=0, color='r', linestyle='--')
ax2.set_xlabel('년도')
ax2.set_ylabel('잔차')
ax2.set_title('잔차플롯')

plt.show()
```




```
# 예제(10.15)
import numpy as np
from scipy import stats

x = np.array([12, 21, 8, 20, 16, 16, 24, 0, 11, 18])
y = np.array([3.1, 2.3, 3.5, 2.5, 3.0, 2.6, 2.1, 3.8, 2.9, 2.6])
alpha  = 0.05

# 회귀직선의 방정식 계산
slope, intercept, _, _, stderr = stats.linregress(x, y)

# t-분포의 임계값 계산
df = len(x) - 2
t = stats.t.ppf(1 - alpha / 2, df)

# 신뢰구간 계산
lower = slope - t * stderr
upper = slope + t * stderr

print(f'최소 제곱법 선: y = {intercept:.4f} + x = {slope:.4f}')
print(f'실제 기울기의 95% 신뢰구간: {slope:.4f} ± {t * stderr:.4f}')
최소 제곱법 선: y = 3.8916 + x = -0.0720
실제 기울기의 95% 신뢰구간: -0.0720 ± 0.0166
```

[코드 수정 > 간결하게]

```
import numpy as np
import scipy.stats as stats
import matplotlib.pyplot as plt

old_racket = np.array([125, 133, 108, 128, 115, 135, 125, 117, 130, 121])
new_racket = np.array([133, 134, 112, 139, 123, 142, 140, 129, 139, 126])

# 상관 계수 계산
r, p_value = stats.pearsonr(old_racket, new_racket)
print(f'상관 계수 r: {r:.4f}')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.5f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.5f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

# 산점도 그리기
plt.rc('font', family='Malgun Gothic')
plt.scatter(old_racket, new_racket)
plt.xlabel('old_racket')
plt.ylabel('new_racket')
plt.title('서브 속도 (mph)')
plt.show()
```



[코드 수정 > 난이도 조절]

```
import numpy as np

x = np.array([70, 90, 80, 74, 65, 83])
y = np.array([74, 84, 63, 87, 78, 90])

r = np.corrcoef(x, y)[0, 1]

print(f'상관 계수: {r:.4f}')
```

상관 계수: 0.2345

#연습문제 3

[코드 수정 > 난이도 조정]

```
import numpy as np
from scipy import stats

x = np.array([1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0])
y = np.array([8.1, 7, 8.5, 9.8, 9.5, 8.9, 8.6, 10.2, 9.3, 9.2, 10.5])

# 회귀직선의 방정식 계산
slope, intercept, _, _, _ = stats.linregress(x, y)

# 예측값 계산
x_new = 1.75
y_hat = intercept + slope * x_new

print(f'1. 회귀직선: y = {intercept:.4f} + {slope:.4f}x')
print(f'2. 온도가 {x_new} 일 때 당분으로 변환된 양: {y_hat:.2f}')
```

```
1. 회귀직선: y = 5.9045 + 2.1000x
2. 온도가 1.75 일 때 당분으로 변환된 양: 9.58
```

```
# 연습문제 5
import numpy as np
from scipy import stats

x = np.array([1, 2, 3, 4, 5])
y = np.array([3, 3, 2, 6, 5])

# 선형 회귀 모델
slope, intercept, r_value, p_value, std_err = stats.linregress(x,y)
print("1. 선형 회귀 모델을 구하시오")
print(f'선형 회귀 모델 : b0 = {intercept:.2f} y = {intercept:.2f} + {slope:.2f}x')

# SE^2
SE_2 = (std_err**2) * 10
print("\n2. SE^2을 구하시오")
print(f'SE^2: {SE_2:.5f}')

# H0 : Beta1 = 0, Ha : beta ! 0을 alpha = 0.05로 검정
print("\n3. H0 : Beta1 = 0, Ha : beta ! 0을 alpha = 0.05로 검정하시오")
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
```

```
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

# 유의 수준 5%인 beta의 신뢰 구간
n = len(x)
t_critical = stats.t.ppf(1 - alpha/2, n-2)
lower_bound = abs(slope - t_critical * std_err)
upper_bound = slope + t_critical * std_err
print("\n4. 유의수준 5%인 beta의 신뢰구간을 구하시오")
print(f'유의 수준 5%인 beta의 신뢰 구간: [{lower_bound:.4f}, {upper_bound:.4f}]')
print(f'beta의 신뢰구간 {lower_bound:.4f} < beta < {upper_bound:.4f}')
```

1. 선형 회귀 모델을 구하시오
선형 회귀 모델 : b0 = 1.70 y = 1.70 + 0.70x

2. SE^2을 구하시오
SE^2: 1.96667

3. H0 : Beta1 = 0, Ha : beta ! 0을 alpha = 0.05로 검정하시오
p-value는 0.2126로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

4. 유의수준 5%인 beta의 신뢰구간을 구하시오
유의 수준 5%인 beta의 신뢰 구간: [0.7113, 2.1113]
beta의 신뢰구간 0.7113 < beta < 2.1113

```
# 연습문제 7
import numpy as np
from scipy import stats

x = np.array([1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0])
y = np.array([8.1, 7.8, 8.5, 9.8, 9.5, 8.9, 8.6, 10.2, 9.3, 9.2, 10.5])

# 회귀직선 추정
print('1. 회귀직선을 추정하라')
slope, intercept, r_value, p_value, std_err = stats.linregress(x,y)
print(f'회귀직선: y = {intercept:.2f} + {slope:.2f}x')
```

```
# 온도가 1.75일 때 당분으로 변환된 양 추정
print('\n2. 온도가 1.75일 때, 당분으로 변환된 양을 추정하라')
y_pred = intercept + slope * 1.75
print(f'온도가 1.75일 때 당분으로 변환된 양: {y_pred:.2f}')

# s(2)^2 계산
SE_2 = std_err**2
print('\n3. s(e)^2을 구하라')
print(f's(2)^2: {SE_2:.4f}')

# beta의 95% 신뢰구간 계산
n = len(x)
t_critical = stats.t.ppf(0.975, n-2)
lower_bound = slope - t_critical * std_err
upper_bound = slope + t_critical * std_err
print(f'\nβ의 95% 신뢰구간: [{lower_bound:.3f} < β < {upper_bound:.3f}]')
```

```
1. 회귀직선을 추정하라
회귀직선: y = 6.41 + 1.81x

2. 온도가 1.75일 때, 당분으로 변환된 양을 추정하라
온도가 1.75일 때 당분으로 변환된 양: 9.58

3. s(e)^2을 구하라
s(2)^2: 0.3638

β의 95% 신뢰구간: [0.445 < β < 3.174]
```

```
# 연습문제 11
import numpy as np
from scipy import stats

x = np.array([2, 3, 4, 4, 5, 6, 6, 7, 8, 8, 9, 10])
y = np.array([3, 7, 6, 8, 10, 8, 13, 16, 15, 21, 23, 24])

# 최소제곱 회귀직선식
slope, intercept, r_value, p_value, std_err = stats.linregress(x,y)
print(f'최소제곱 회귀직선식: y = {intercept:.2f} + {slope:.2f}x')

# 90% 구간 추정
n = len(x)
```

```
t_critical = stats.t.ppf(0.95, n-2)
lower_bound = slope - t_critical * std_err
margin_of_error = t_critical * std_err
print(f'90% 구간 추정: {slope:.2f} +- {margin_of_error:.3f}')

최소제곱 회귀직선식: y = -3.23 + 2.68x
90% 구간 추정: 2.68 +- 0.513

# 연습문제 13

# 데이터를 보고 물음에 답하라!

# [ 조건 ]
# 1. 회귀직선식을 구하시오
# 2. 95%의 beta의 구간추정치를 구하시오
# 3. 회귀직선의 기울기에 대한 유의성 검정을 수행하시오

import numpy as np
from scipy import stats
from sklearn.linear_model import LinearRegression

X = np.array([4, 2, 9, 8, 14, 2, 11, 14, 7, 4, 1, 9, 9, 10, 5]).reshape(-1, 1)
Y = np.array([423, 520, 550, 309, 690, 401, 470, 582, 284, 440, 452, 568, 339, 355,
472])

model = LinearRegression()
model.fit(X,Y)

print('1. 회귀직선식을 구하시오')
print("Intercept: ", round((model.intercept_), 3))
print("Coefficient: ", round((model.coef_[0]), 3))

Y_pred = model.predict(X)
residuals = Y - Y_pred
residual_sum_of_squares = np.sum(residuals**2)
s2 = residual_sum_of_squares / (len(Y) -2)

standard_error = np.sqrt(s2) * np.sqrt(np.sum((X - np.mean(X))**2))
t_critical = stats.t.ppf(1 -0.05/2 , df=len(Y)-2)

lower_bound = model.coef_[0] - t_critical * standard_error
```

```
upper_bound = model.coef_[0] + t_critical * standard_error

print('\n2. beta의 95% 구간추정치를 구하시오')
print("beta의 95% 구간추정치 : (", round((lower_bound), 3),",", round((upper_bound), 3) ,")")

t_statistic = model.coef_[0] / (np.sqrt(s2) * np.sqrt(np.sum((X - np.mean(X))**2)))
p_value = 2 * (1 - stats.t.cdf(abs(t_statistic), df=len(Y)-2))

print('\n3. 회귀직선의 기울기에 대한 유의성 검정을 수행하시오')
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
1. 회귀직선식을 구하시오
Intercept:  385.39
Coefficient:  9.855

2. beta의 95% 구간추정치를 구하시오
beta의 95% 구간추정치 : ( -3636.206 , 3655.915 )

3. 회귀직선의 기울기에 대한 유의성 검정을 수행하시오
p-value는 0.9954로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 15
import numpy as np
from sklearn.linear_model import LinearRegression

X = np.array([1900, 1905, 1910, 1915, 1920, 1925, 1930, 1935, 1940, 1945, 1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990]).reshape(-1,1)
Y = np.array([76.1, 83.8, 92.4, 100.5, 106.5, 115.8, 123.1, 127.3, 132.5, 133.4, 151.9, 165.1, 180.0, 193.5, 204.0,215.5 ,227.2 ,237.9 ,249.4])
log_Y = np.log(Y)

model = LinearRegression()
```

```
model.fit(X,Y)

print('1. 회귀직선식과 상관계수를 구하여라')
print("Intercept: ", round((model.intercept_), 4))
print("Coefficient: ", round((model.coef_[0]), 4))
correlation_coefficient = np.corrcoef(X.reshape(1,-1), Y)[0][1]
print("상관계수 : ", round((correlation_coefficient), 4))

population_2100_modelA = model.predict(np.array([[2100]]))[0]
year_modelA = (300 - model.intercept_) / model.coef_[0]

model.fit(X,log_Y)
print('\n2. 비선형 모델을 찾기 위해, log(인구수) 대 년도(1900~)을 그리고 회귀직선과 상관계수를 구하여라')
print("Intercept: ", round((model.intercept_), 4))
print("Coefficient: ", round((model.coef_[0]), 4))
correlation_coefficient = np.corrcoef(X.reshape(1,-1), Y)[0][1]
print("상관계수 : ", round((correlation_coefficient), 4))

population_2100_modelB = model.predict(np.array([[2100]]))[0]
year_modelB = (300 - model.intercept_) / model.coef_[0]

print('\n3. 각각의 모델을 이용해 2100년의 인구수를 예측하고 인구수가 300(millions)에 이르는 시기를 예측하라')
print(f"2100년의 인구수 예측 (모델A) {population_2100_modelA}")
print(f"300 millian에 인구수가 도달하는 시점 (모델A) : {year_modelA}\n")

print(f"2100년의 인구수 예측 (모델B) {population_2100_modelB}")
print(f"300 millian에 인구수가 도달하는 시점 (모델B) : {year_modelB}")

# 연습문제 15
import numpy as np
from sklearn.linear_model import LinearRegression

X = np.array([1900, 1905, 1910, 1915, 1920, 1925, 1930, 1935, 1940, 1945, 1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990]).reshape(-1,1)
Y = np.array([76.1, 83.8, 92.4, 100.5, 106.5, 115.8, 123.1, 127.3, 132.5, 133.4, 151.9, 165.1, 180.0, 193.5, 204.0,215.5 ,227.2 ,237.9 ,249.4])
log_Y = np.log(Y)

model = LinearRegression()
```

```
model.fit(X,Y)

print('1. 회귀직선식과 상관계수를 구하여라')
print("Intercept: ", round((model.intercept_), 4))
print("Coefficient: ", round((model.coef_[0]), 4))
correlation_coefficient = np.corrcoef(X.reshape(1,-1), Y)[0][1]
print("상관계수 : ", round((correlation_coefficient), 4))

population_2100_modelA = model.predict(np.array([[2100]]))[0]
year_modelA = (300 - model.intercept_) / model.coef_[0]

model.fit(X,log_Y)
print('\n2. 비선형 모델을 찾기 위해, log(인구수) 대 년도(1900~)을 그리고 회귀직선과 상관계수를 구하여라')
print("Intercept: ", round((model.intercept_), 4))
print("Coefficient: ", round((model.coef_[0]), 4))
correlation_coefficient = np.corrcoef(X.reshape(1,-1), Y)[0][1]
print("상관계수 : ", round((correlation_coefficient), 4))

population_2100_modelB = model.predict(np.array([[2100]]))[0]
year_modelB = (300 - model.intercept_) / model.coef_[0]

print('\n3. 각각의 모델을 이용해 2100년의 인구수를 예측하고 인구수가 300(millions)에 이르는 시기를 예측하라')
print(f"2100년의 인구수 예측 (모델A) {population_2100_modelA}")
print(f"300 millian에 인구수가 도달하는 시점 (모델A) : {year_modelA}\n")

print(f"2100년의 인구수 예측 (모델B) {population_2100_modelB}")
print(f"300 millian에 인구수가 도달하는 시점 (모델B) : {year_modelB}")
```

분산분석

```
# 연습문제 1 / 예제(11.1), p351
import pandas as pd
from scipy import stats

# 귀무가설: 각 지역에 있어서 박테리아의 균집수에는 유의적인 차이가 없다.
# 대립가설: 각 지역에 있어서 박테리아의 균집수에는 유의적인 차이가 있다.

A = [72, 69, 63, 53, 51]
B = [47, 52, 45, 30]
```

```
C = [56, 58, 56]
D = [69, 67, 62]

df = pd.DataFrame(zip(A, B, C, D), columns=['A', 'B', 'C', 'D'])

h_value, p_value = stats.kruskal(df['A'].dropna(), df['B'].dropna(), df['C'].dropna(), df['D'].dropna())

print(f'H-value: {round((h_value), 4)}')
print(f'P-value: {round((p_value), 4)}\n')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
H-value: 9.6185
P-value: 0.0221

p-value는 0.0221로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

```
# 예제(11.1)
import pandas as pd
from scipy import stats

# 귀무가설 : 온도계에 따른 온도의 차이가 없다.
# 대립가설 : 온도계에 따른 온도의 차이가 있다.

# 11.1 과 다르게 한번에 데이터프레임으로 변환하는 경우.
data = {'A': [18, -18, -4, 8],
        'B': [24, 20, 1, 10],
        'C': [5, -24, -8, -17]}

df = pd.DataFrame(data)

f_value, p_value = stats.f_oneway(df['A'], df['B'], df['C'])
```

```
print(f'F-value: {round((f_value), 3)}')
print(f'P-value: {round((p_value), 3)}\n')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.3f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.3f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
F-value: 3.641
P-value: 0.069
```

p-value는 0.069로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

```
# 예제(11.3)

# 공원1 , 공원2, 공원3이 기계(A~D)를 사용하여 하루에 생산하는 제품의 수는 다음과 같았을 때, 기계의 차에 의한 영향을 배제하고 개인차를 검정하여라 또한 개인차를 배제한 기계에 의한 제품수의 평균차(기계의 우열)을 검정하라

# [ 조건 ]
# 1. 평균값 사이의 차를 조사하면 유의차는 인정되지 않는다.
# 2. 데이터는 기계의 차에 의한 변동 때문에 개인차에 의한 변동이 나타나지 않을 수도 있다.
# 3. 데이터의 각 제품 수는 제조한 제품 개수에서 [35]개를 제외한 것이다.

import pandas as pd
from scipy import stats

# 귀무가설A : 개인차가 없다.
# 대립가설A : 개인차가 있다.

# 귀무가설B : 기계에 의한 차이가 없다.
# 대립가설B : 기계에 의한 차이가 있다.

data = {'1': [1, 3, 2, 0],
        '2': [0, 2, 3, -2],
        '3': [-1, 1, 0, -3]}
```

```
df = pd.DataFrame(data, columns=['1', '2', '3'], index=['A', 'B', 'C', 'D'])

# 개인차 검정
f_value, p_value = stats.f_oneway(df['1'], df['2'], df['3'])

print(f'F-value (개인차 검정) : {round((f_value), 2)}')
print(f'P-value (개인차 검정) : {round((p_value), 2)}\n')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

print("\n-----------------------------------------------")
# 기계 차이 검정
f_value, p_value = stats.f_oneway(df.loc['A'], df.loc['B'], df.loc['C'], df.loc['D'])

print(f'\nF-value (기계차 검정) : {round((f_value), 2)}')
print(f'P-value (기계차 검정) : {round((p_value), 2)}\n')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
F-value (개인차 검정) : 1.66
P-value (개인차 검정) : 0.24

p-value는 0.2438로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

-----------------------------------------------

F-value (기계차 검정) : 5.13
```

P-value (기계차 검정) : 0.03

p-value는 0.0286로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

예제(11.4)

무연탄에서 코크스를 제조하는데 10% 첨가하는 역청탄 (Y(n))을 5종류 선택하고 타르피티(A1~A4)을 A1: 4%, A2: 6%, A3: 8%, A4: 10%로 첨가하여 5종류의 혼합탄을 제조하고 코크스의 내압강도 (kg/com^2)을 측정한 결과가 다음과 같을 때, 이 자료에 대해 이원배치법의 모형을 적용한다면 역청탄의 종류와 타르피치의 첨가량이 코크스의 내압강도에 미치는 영향을 검정하시오.

[조건] : 유의수준 5%에서 검정하시오.

```
import pandas as pd
from scipy import stats

# 귀무가설: 역청탄의 종류와 타르피치의 첨가량이 코크스의 내압강도에 영향을 미치지 않는다.
# 대립가설: 역청탄의 종류와 타르피치의 첨가량이 코크스의 내압강도에 영향을 미친다.

data = {'Y1': [79, 75, 65, 65],
        'Y2': [72, 66, 62, 62],
        'Y3': [51, 48, 41, 41],
        'Y4': [58, 56, 45, 45],
        'Y5': [68, 62, 58, 58]}

df = pd.DataFrame(data, columns=['Y1', 'Y2', 'Y3', 'Y4', 'Y5'], index=['A1', 'A2', 'A3', 'A4'])

# 역청탄 종류 영향 검정
f_value1, p_value1 = stats.f_oneway(df['Y1'], df['Y2'], df['Y3'], df['Y4'], df['Y5'])

print(f'F-value : {f_value1}')
print(f'P-value : {p_value1}')

alpha = 0.05
if p_value1 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value1:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
```

```
else:
    print(f"p-value는 {p_value1:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

# 타르피치 첨가량 영향 검정
f_value2, p_value2 = stats.f_oneway(df.loc['A1'], df.loc['A2'], df.loc['A3'], df.loc['A4'])

print(f'\nF-value2 : {f_value2}')
print(f'P-value2 : {p_value2}')

alpha = 0.05
if p_value2 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
F-value : 13.13366093366094
P-value : 8.588588287858503e-05
p-value는 0.0001로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

F-value2 : 1.4011025358324143
P-value2 : 0.2788614720327024
p-value는 0.2789로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 예제(11.5)

# 세 종류의 호르몬 처리와 성별에 따라 혈액 칼슘값에 차이가 있는지 알아보기 위해 남녀 각 15명씩 선정하여 세 집단으로 나누어 세 가지 호르몬 처리를 한 후 혈액 칼슘을 측정한 결과가 다음과 같을 때, 조건을 따라 검정하시오

# [ 조건 ]
# 1. 남녀 간의 혈액칼슘값에 차이가 있는가?
# 2. 처리 1,2,3 간의 혈액칼슘값에 차이가 있는가?
# 3. 성별과 처리 간의 상호작용(교호작용)이 있는가?

import pandas as pd
from scipy import stats
```

```
data = {'x1': [16.87, 16.18, 17.12, 16.83, 17.19, 15.86, 14.92, 15.63, 15.24, 14.80],
        'x2': [19.07, 18.77, 17.63, 16.99, 18.04, 17.20, 17.64, 17.89, 16.78, 16.72],
        'x3': [32.45, 28.71, 34.65, 28.79, 24.46, 30.54, 32.41, 28.97, 28.46, 29.65]}

df = pd.DataFrame(data)

f_value1, p_value1 = stats.f_oneway(df.loc[:4].mean(axis=1), df.loc[5:].mean(axis=1))

# 귀무가설: 남녀 간의 혈액칼슘값에 차이가 없다.
# 대립가설: 남녀 간의 혈액칼슘값에 차이가 있다.

print('1. 남녀 간의 혈액칼슘값에 차이가 있는가?')
print(f'F-value (gender): {f_value1}')
print(f'P-value (gender): {p_value1}')

alpha = 0.05
if p_value1 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value1:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value1:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

f_value2, p_value2 = stats.f_oneway(df['x1'], df['x2'], df['x3'])

# 귀무가설: 처리 1,2,3 간의 혈액칼슘값에 차이가 없다.
# 대립가설: 처리 1,2,3 간의 혈액칼슘값에 차이가 있다.

print('\n2. 처리 1,2,3 간의 혈액칼슘값에 차이가 있는가?')
print(f'F-value (hormone treatment): {f_value2}')
print(f'P-value (hormone treatment): {p_value2}')

alpha = 0.05
if p_value2 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
_, p_value3 = stats.f_oneway(df.loc[:4].mean(axis=1), df.loc[5:].mean(axis=1), df['x1'], df['x2'], df['x3'])
f_value3 = stats.f_oneway(df.loc[:4].mean(axis=1), df.loc[5:].mean(axis=1), df['x1'], df['x2'], df['x3']).statistic
# 귀무가설: 성별과 처리 간의 상호작용(교호작용)이 없다.
# 대립가설: 성별과 처리 간의 상호작용(교호작용)이 있다.

print('\n3. 성별과 처리 간의 상호작용(교호작용)이 있는가?')
print(f'P-value (상호작용(p)): {p_value3}')

alpha = 0.05
if p_value3 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value3:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value3:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
1. 남녀 간의 혈액칼슘값에 차이가 있는가?
F-value (gender): 1.2281053891636358
P-value (gender): 0.2999781499107576
p-value는 0.3000로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

2. 처리 1,2,3 간의 혈액칼슘값에 차이가 있는가?
F-value (hormone treatment): 183.84284815750473
P-value (hormone treatment): 1.8793907468359085e-16
p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

3. 성별과 처리 간의 상호작용(교호작용)이 있는가?
P-value (상호작용(p)): 3.5024986934065393e-19
p-value는 0.0000로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.
```

예제(11.6)

시멘트 분쇄공정에서 시멘트 강도에 영향을 주는 여러 요인 중에서 우선적으로 석고의 종류(A) 와 석고첨가량으로 사용되는 SO(3)함량 (B)가 어떤 영향을 주는 지 실험한 결과가 다음과 같았을 때, 석고 종류의 효과, 첨가량에 대한 효과가 있는지와 석고의 종류와 첨가량 사이에 교호작용의 효과가 있는지를 검정하시오

```
# [ 조건 ]
# 1. 유의수준은 0.05로 한다.

import pandas as pd
from scipy import stats

data = {'A1': [607, 672, 730, 746, 749, 698],
        'A2': [647, 698, 650, 660, 657, 618],
        'A3': [642, 686, 674, 696, 700, 658]}

df = pd.DataFrame(data, columns=['A1', 'A2', 'A3'], index=['B1', 'B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6'])

f_value1, p_value1 = stats.f_oneway(df['A1'], df['A2'], df['A3'])

# 귀무가설: 석고의 종류에 따른 시멘트 강도의 차이가 없다.
# 대립가설: 석고의 종류에 따른 시멘트 강도의 차이가 있다.

print(f'P-value : {p_value1}')

alpha = 0.05
if p_value1 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value1:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value1:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

f_value2, p_value2 = stats.f_oneway(df.loc['B1'], df.loc['B2'], df.loc['B3'], df.loc['B4'], df.loc['B5'], df.loc['B6'])

# 귀무가설: 첨가량에 따른 시멘트 강도의 차이가 없다.
# 대립가설: 첨가량에 따른 시멘트 강도의 차이가 있다.

print(f'P-value SO(3)): {p_value2}')

alpha = 0.05
if p_value2 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
```

```
else:
    print(f"p-value는 {p_value2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

_, p_value3 = stats.f_oneway(df['A1'], df['A2'], df['A3'], df.loc['B1'], df.loc['B2'], df.loc['B3'], df.loc['B4'], df.loc['B5'], df.loc['B6'])

# 귀무가설: 석고의 종류와 첨가량 사이에 교호작용의 효과가 없다.
# 대립가설: 석고의 종류와 첨가량 사이에 교호작용의 효과가 있다.

print(f'\nP-value : {p_value3}')

alpha = 0.05
if p_value3 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value3:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value3:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
F-value : 2.232521526796042
P-value : 0.14166715686164683
p-value는 0.1417로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

F-value SO(3)): 1.682756296857889
P-value SO(3)): 0.2130940316327734
p-value는 0.2131로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

P-value : 0.17321653654926122
p-value는 0.1732로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

```
# 연습문제 1

# 세 공정에서 생산된 철선의 인장강도 차이를 알아보기 위해 공정 1에서 4회, 공정 2에서 5회, 공정 3에서 6회 총 15회의 랜덤 측정을 진행한 후 얻은 인장강도 결과가 다음과 같을 때, 일원배치법의 모형을 적용해 공정에 따라 인장강도에 차가 있다고 할 수 있는지를 유의수준 5%에서 검정하시오.
```

```
import pandas as pd
from scipy import stats

process1 = [2, 3, 4, 5]
process2 = [4, 5, 6, 4, 3]
process3 = [6, 5, 7, 4, 6, 8]

df = pd.DataFrame(zip(process1, process2, process3), columns=['Process 1', 'Process 2', 'Process 3'])

f_value, p_value = stats.f_oneway(df['Process 1'].dropna(), df['Process 2'].dropna(), df['Process 3'].dropna())

print(f'F-value: {f_value}')
print(f'P-value: {p_value}\n')

alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
F-value: 2.882352941176471
P-value: 0.10779030282150491
```

p-value는 0.1078로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

```
# 연습문제 5

# 생산 공장에서 5명의 기능공 (b1~b5)가 4대의 기계 (a1~4)를 하루씩 이용하여 생산한 제품의 양을 조사한 결과이다. 제품을 생산하는데 기능공 사이에 효과가 다른지, 기계들의 효과가 다른지 검정하시오

import pandas as pd
from scipy import stats

data = {'b1': [90, 92, 95, 98],
        'b2': [98, 92, 93, 96],
```

```
        'b3': [99, 93, 91, 97],
        'b4': [100, 94, 96, 93],
        'b5': [96, 98, 90, 99]}

df = pd.DataFrame(data, columns=['b1', 'b2', 'b3', 'b4', 'b5'], index=['a1', 'a2', 'a3', 'a4'])

f_value1, p_value1 = stats.f_oneway(df['b1'], df['b2'], df['b3'], df['b4'], df['b5'])


print('1. 제품을 생산하는데 기능공 사이에 효과가 다른지 검정하시오')
print(f'F-value (workers): {f_value1}')
print(f'P-value (workers): {p_value1}')

alpha = 0.05
if p_value1 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value1:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value1:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

f_value2, p_value2 = stats.f_oneway(df.loc['a2'], df.loc['a3'], df.loc['a4'])

print('\n2. 기계들의 효과가 다른지 검정하시오')
print(f'F-value (machines): {f_value2}')
print(f'P-value (machines): {p_value2}')

alpha = 0.05
if p_value2 < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value2:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
1. 제품을 생산하는데 기능공 사이에 효과가 다른지 검정하시오
F-value (workers): 0.481042654028436
P-value (workers): 0.7493498549100586
p-value는 0.7493로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음
```

2. 기계들의 효과가 다른지 검정하시오
F-value (machines): 2.045197740112995
P-value (machines): 0.172062870805254
p-value는 0.1721로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

```
import numpy as np
import scipy.stats as stats

data = np.array([[39.0, 33.1, 33.8, 33.0],
                 [36.9, 27.2, 29.7, 28.5],
                 [27.4, 29.2, 26.7, 30.9]])

# 평균과 제곱합 계산
grand_mean = np.mean(data)
ss_total = np.sum((data - grand_mean) ** 2)
ss_humidity = np.sum((np.mean(data, axis=1) - grand_mean) ** 2) * data.shape[1]
ss_plastic_type = np.sum((np.mean(data, axis=0) - grand_mean) ** 2) * data.shape[0]
ss_error = ss_total - ss_humidity - ss_plastic_type

# 자유도 계산
df_humidity = data.shape[0] - 1
df_plastic_type = data.shape[1] - 1
df_error = df_humidity * df_plastic_type
df_total = np.prod(data.shape) - 1

# 평균제곱과 F-통계량 계산
ms_humidity = ss_humidity / df_humidity
ms_plastic_type = ss_plastic_type / df_plastic_type
ms_error = ss_error / df_error
f_humidity = ms_humidity / ms_error
f_plastic_type = ms_plastic_type / ms_error

# P-value 계산
p_humidity = stats.f.sf(f_humidity, df_humidity, df_error)
p_plastic_type = stats.f.sf(f_plastic_type, df_plastic_type, df_error)

print('요인\t\t제곱합\t\t자유도\t\t평균제곱\t\tF-통계량\t\tP-value')
print('A\t\t{:.3f}\t\t{}\t\t{:.3f}\t\t{:.3f}\t\t{:.3f}'.format(ss_humidity,          df_humidity,
```

```
ms_humidity, f_humidity, p_humidity))
print('B\t\t{:.3f}\t\t{}\t\t{:.3f}\t\t{:.3f}\t\t{:.3f}'.format(ss_plastic_type,  df_plastic_type, ms_plastic_type, f_plastic_type, p_plastic_type))
print('오차\t\t{:.3f}\t\t{}\t\t{:.3f}'.format(ss_error, df_error, ms_error))
print('총합\t\t{:.3f}\t\t{}'.format(ss_total, df_total))
```

요인	제곱합	자유도	평균제곱	F-통계량	P-value
A	79.272	2	39.636	4.692	0.059
B	41.217	3	13.739	1.626	0.280
오차	50.688	6	8.448		
총합	171.177	11			

```
# 연습문제 9

# 네 종류 기계와 세 사람의 기능공이 생산하는 제품의 생산량을 3회 반복하여 측정한 자료는 다음과 같다. 이때 [조건]을 유의수준 5%에서 검정하시오.

# [ 조건 ]
# 1. 세 기능공의 능력은 같은가?
# 2. 네 종류의 기계의 성능은 같은가?
# 3. 네 종류의 기계와 세 기능공의 상호작용(교호작용)이 있는가?

import pandas as pd
from scipy import stats

data = {'1': [47, 58, 53], '2': [47, 64, 65], '3': [33, 42, 29], '4': [39, 52, 50]}
df = pd.DataFrame(data, index=['A', 'B', 'C'])

print('1. 세 기능공의 능력은 같은가?')
fvalue, p_value = stats.f_oneway(df.loc['A'], df.loc['B'], df.loc['C'])
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

```
print('\n2 네 종류의 기계의 성능은 같은가?')
fvalue, p_value = stats.f_oneway(df['1'], df['2'], df['3'], df['4'])
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")

print('\n3. 네 종류의 기계와 세 기능공의 상호작용(교호작용)이 있는가?')
_, p_value = stats.friedmanchisquare(df.loc['A'], df.loc['B'], df.loc['C'])
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 작다.\n따라서 귀무 가설을 기각한다.")
else:
    print(f"p-value는 {p_value:.4f}로, 유의 수준 {alpha}보다 크거나 같다.\n따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음")
```

1. 세 기능공의 능력은 같은가?
p-value는 0.3113로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음

2 네 종류의 기계의 성능은 같은가?
p-value는 0.0234로, 유의 수준 0.05보다 작다.
따라서 귀무 가설을 기각한다.

3. 네 종류의 기계와 세 기능공의 상호작용(교호작용)이 있는가?
p-value는 0.1054로, 유의 수준 0.05보다 크거나 같다.
따라서 귀무 가설을 기각할 수 없음