BÁO CÁO ĐỒ ÁN 01: REGRESSION

TÊN MÔN HỌC: NHẬP MÔN HỌC MÁY

ĐỀ TÀI: CHI PHÍ SỬ DỤNG DỊCH VỤ Y TẾ

GIẢNG VIÊN: NGUYỄN TIẾN HUY

THỨ TỰ NHÓM: 07

THÀNH VIÊN:

- 18120184 Nguyễn Nguyên Khang
- 18120189 Trần Đăng Khoa
- 18120264 Nguyễn Duy Vũ
- 18120283 Nguyễn Chiêu Bản
- 18120286 Nguyễn Quốc Bảo

PHÂN CÔNG:

Công việc	Thực hiện	Mức độ hoàn thành
Khám phá dữ liệu cơ bản	Vũ	100%
Tiền xử lý dữ liệu	Vũ	100%
Mô hình hóa dữ liệu	Bản, Bảo	100%
Phân tích dữ liệu tìm Insight	Khang, Khoa	100%

Mục Lục

I. Phân tích dữ liệu

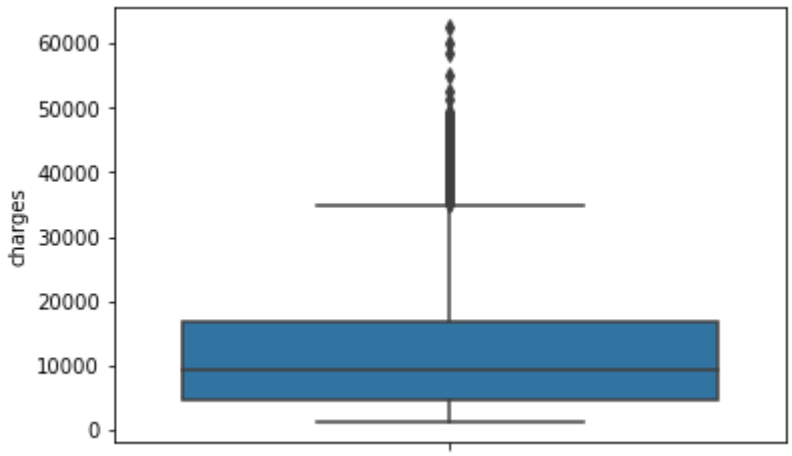
Thông tin về dataset:

Tên cột	Ý nghĩa
Age	Tuổi
Sex	Giới tính
BMI	Chỉ số khối cơ thể
Children	Số lượng trẻ con/người phụ thuộc
Smoker	Tình trạng hút thuốc
Region	Khu vực sinh sống
Charges	Chi phí y tế cá nhân

1. Vẽ biểu đồ một biến và nhận xét

In [13]:
```
Biến charges:
```

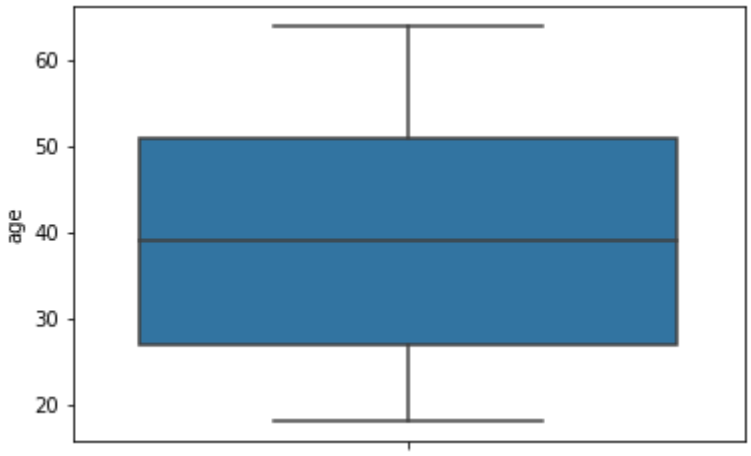
Out[13]:
```
<AxesSubplot:ylabel='charges'>
```



Nhận xét: Biến charges có phân bố bị lệch trái, nhiều outlier

In [14]:
```
Biến age:
```

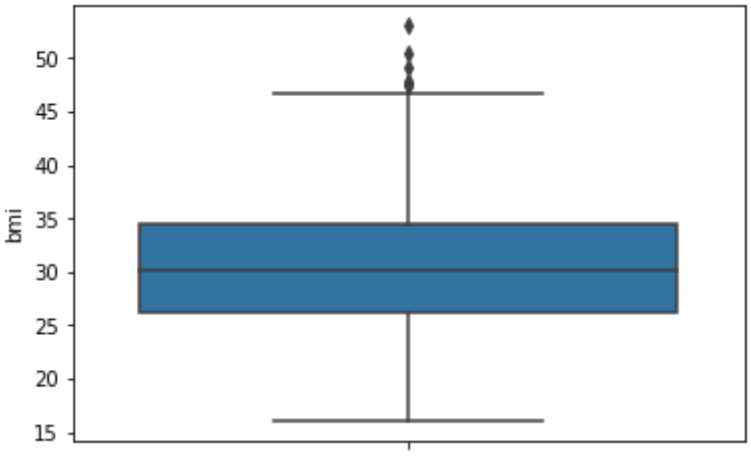
Out[14]:
```
<AxesSubplot:ylabel='age'>
```



Nhận xét: Biến age có phân bố chuẩn

In [15]:
```
Biến bmi:
```

Out[15]:
```
<AxesSubplot:ylabel='bmi'>
```

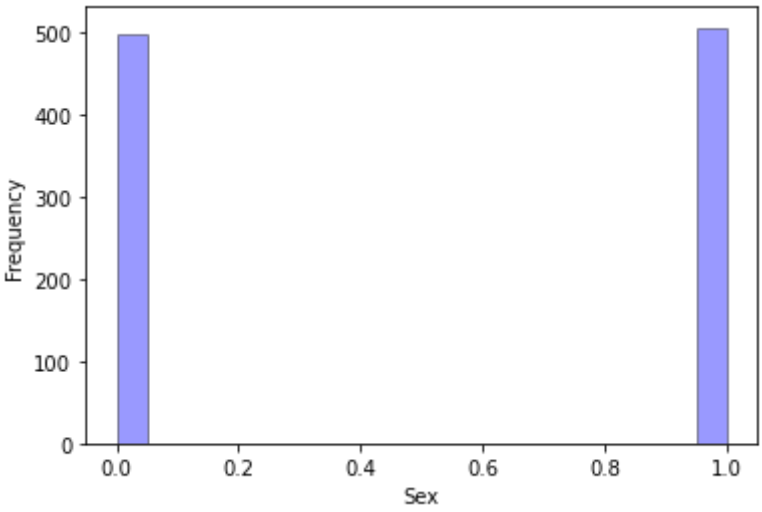


Nhận xét: Biến bmi có phân bố chuẩn, tồn tại outlier

In [18]:
```
Biến sex:
```

```
C:\ProgramData\Anaconda3\lib\site-packages\seaborn\distributions.py:2551: FutureWarn
ing: `distplot` is a deprecated function and will be removed in a future version. Pl
ease adapt your code to use either `displot` (a figure-level function with similar f
lexibility) or `histplot` (an axes-level function for histograms).
  warnings.warn(msg, FutureWarning)
```

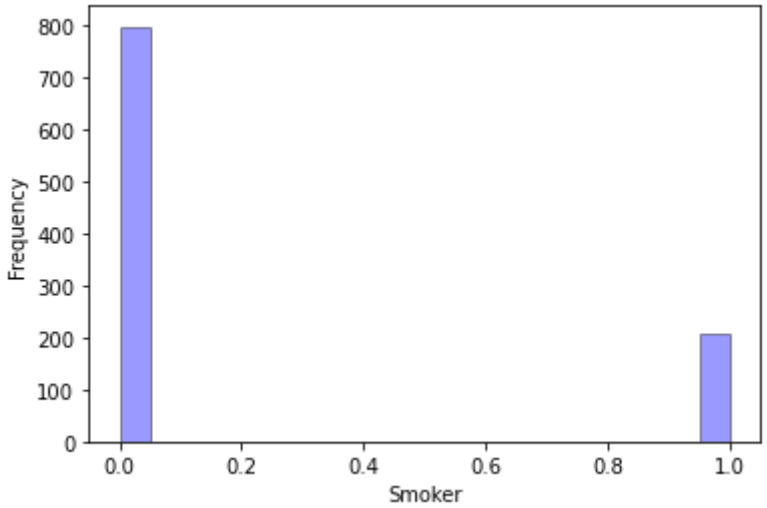
Out[18]:
```
Text(0, 0.5, 'Frequency')
```



Nhận xét: Tỉ lệ nam nữ bằng nhau

In [19]:
```
Biến smoker:
```

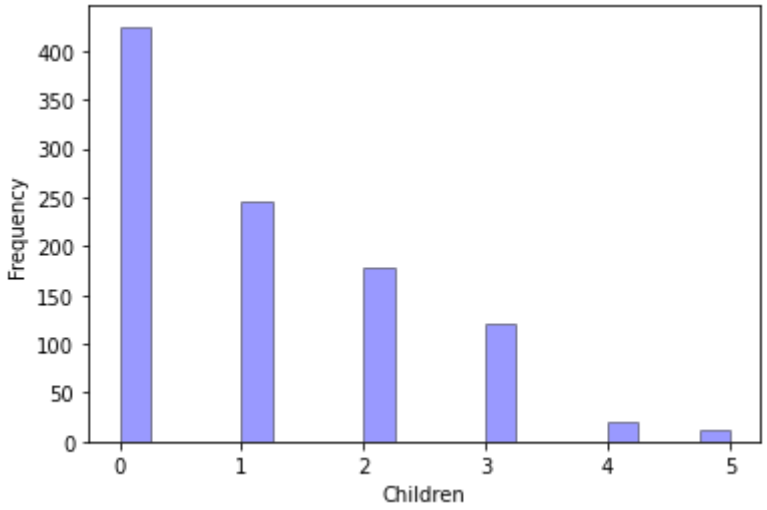
Out[19]:
```
Text(0, 0.5, 'Frequency')
```



Nhận xét: Tỉ lệ người không hút thuốc gấp 4 lần người hút thuốc

In [20]:
```
Biến children:
```

Out[20]:
```
Text(0, 0.5, 'Frequency')
```



Nhận xét: Tỉ lệ người có càng nhiều con giảm dần

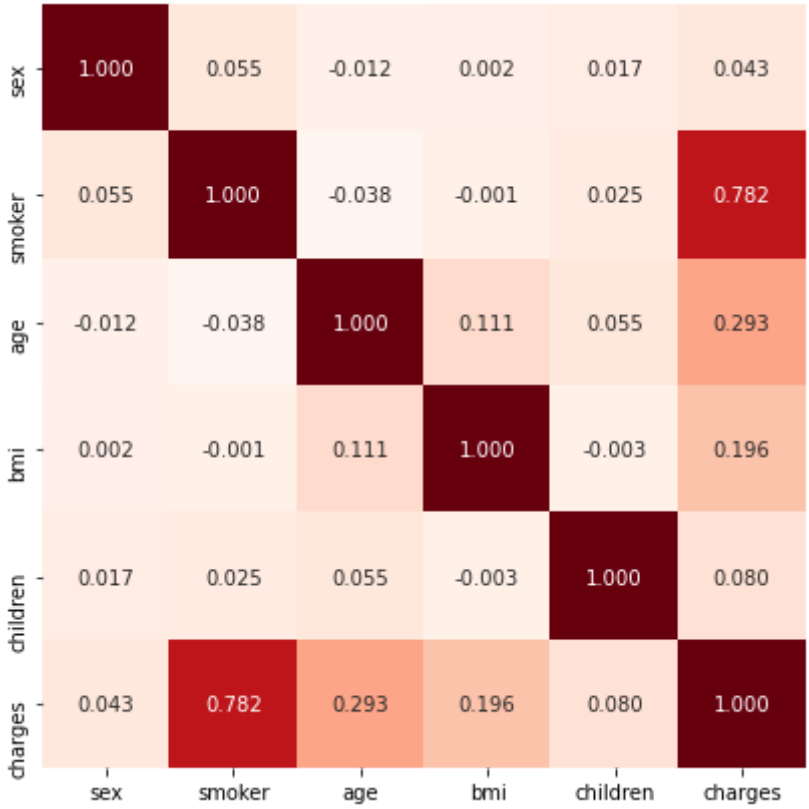
2. Vẽ biểu đồ các biến tương quan và nhận xét

Trước tiên, ta tính ma trận tương quan

In [21]:
```

```

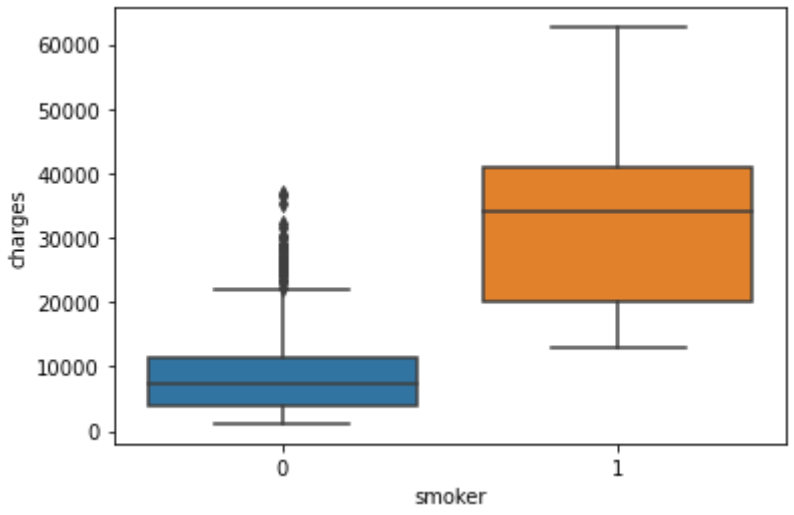
Out[21]:
```
<AxesSubplot:>
```



Có thể thấy những thuộc tính như age (yếu), bmi (yếu), smoker (mạnh) có tương quan với thuộc tính charges

In [22]:
```
Biểu đồ thể hiện sự mất tiền vào chi phí y tế của người có hút thuốc
```

Out[22]:
```
<AxesSubplot:xlabel='smoker', ylabel='charges'>
```

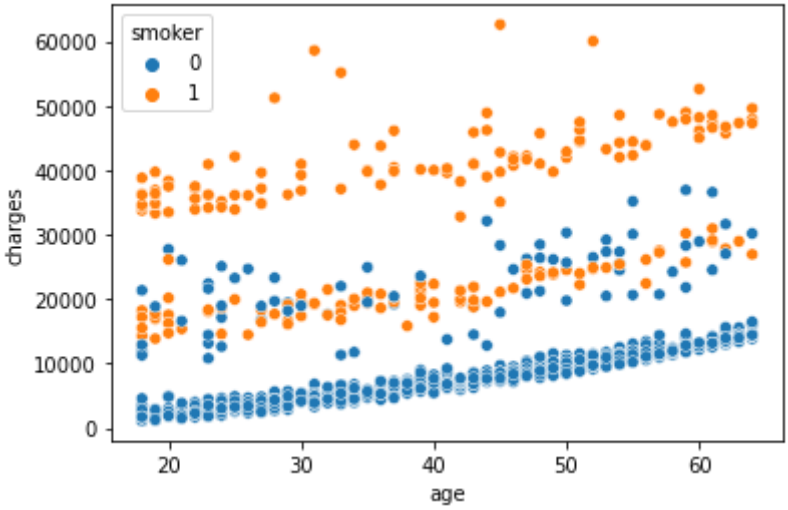


Biểu đồ trên cho ta thấy người hút thuốc thì có chi phí y tế cao hơn, cụ thể :

- hơn 75% người hút thuốc trả chi phí cao hơn hầu hết tất cả người không hút thuốc
- chi phí thấp nhất của người hút thuốc chỉ nhỉnh hơn một chút so với chi phí của 75% người không hút thuốc.
- nếu chi phí dưới 10k, xác suất cao là người đó không hút thuốc
- nếu chi phí trên 20k, xác suất cao là người đó hút thuốc

In [23]:
```
Phân bố của chi phí y tế theo độ tuổi
```

Out[23]:
```
<AxesSubplot:xlabel='age', ylabel='charges'>
```

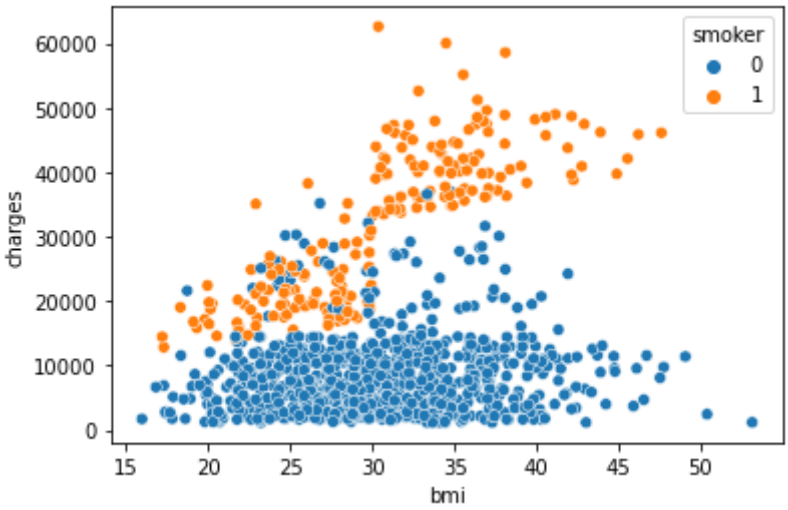


Nhìn vào biểu đồ trên, ta thấy

- người càng cao tuổi thì số tiền chi cho y tế càng nhiều
- Nếu dưới 35 tuổi và không hút thuốc thì khả năng cao chi phí dưới 6k

In [25]:
```
Phân bố của chi phí y tế theo bmi
```

Out[25]:
```
<AxesSubplot:xlabel='bmi', ylabel='charges'>
```



- Người hút thuốc và có chỉ số BMI lớn hơn 30 thì chi phí tối thiểu là khoảng 30k

3. VIF

In [26]:
```
Bảng VIF
```

```
    feature       VIF
0       sex  1.966855
1    smoker  1.254563
2       age  7.658193
3       bmi  8.638958
4  children  1.816248
```

1 = Không tương quan [1]

Giữa 1 và 5 = Tương quan vừa [1]

Lớn hơn 5 = Tương quan mạnh [1]

Ta thấy các biến `sex` , `smoker` , `children` tương quan vừa với các biến còn lại.

`age` và `bmi` có sự tương quan mạnh với các biến còn lại

Nên thu thập thêm data để giảm sự phụ thuộc giữa các biến

4. Insight: Sex có ảnh hưởng đến Smoker?

H_0: sex và smoker độc lập nhau

H_A: sex và smoker phụ thuộc nhau

Đặt:

$A =$ sex, $A_1 =$ `male` , $A_2 =$ `female`

$B =$ smoker, $B_1 =$ `yes` , $B_2 =$ no

Ta có:

H_0: $P(A_i \cap B_j) = P(A_i)P(B_j)$

H_A: $P(A_i \cap B_j) \neq P(A_i)P(B_j)$

Phần dưới sẽ trình bày về mặt toán học lẫn sử dụng thư viện scipy.stats để tính toán

In [32]:
```
contigency
```

Out[32]:

sex	no	yes	Pr(Ai)
female	406	91	0.495513
male	391	115	0.504487

Ta đã tính được $Pr(A_i)$ như bảng trên và

$Pr(B_1)$ = 0.2053838484546361

$Pr(B_2)$ = 0.7946161515453639

Đến đây ta có thể tính:

Giá trị mong đợi E:

$$\text{Do kỳ vọng A và B độc lập:} \tag{1}$$
$$E_{ij} = Pr(A_i) \times Pr(B_j) \times N[2]$$
$$\text{hay}$$
$$E_{ij} = \frac{(\text{Tổng dòng} \times \text{Tổng cột})}{\text{Tổng bảng}}[3]$$
$$\text{với bảng là bảng contingency}$$

Giá trị χ^2:

$$\chi^2 = \Sigma \frac{(O-E)^2}{E}[2][3] \tag{2}$$
$$\text{với O là giá trị thực sự và E là giá trị mong đợi}$$

Giá trị dof: Degree of freedom

dof cho χ^2 độc lập:

$$dof = v = rc - 1 - (r-1) - (c-1) = (r-1)(c-1)[2] \tag{3}$$
$$= 1$$

Chọn mức ý nghĩa:

$$\alpha = 0.05 \tag{4}$$

Tra bảng Chi Squared với $\alpha = 0.05, dof = 1$ ta được critical value $= 3.841459$

Chấp nhận H_0 nếu

$$\chi_v^2 <= 3.841459 \tag{5}$$

Ta có thể sử dụng `chi2_contingency` của thư viện spicy để tính toán, các giá trị tính được từ thư viện và kết luận là:

p-value là: 0.09827321674727184

chi = 2.733346, critical value = 3.841459

Với mức ý nghĩa 0.05, ta bác bỏ HA và chấp nhận H0.

Kết luận: sex và smoker độc lập.

Ta kiểm tra, không dùng thư viện, được kết quả như sau:

In [36]:

```
chi_square =  2.997908815661011
```

Out[36]:

	smoker	sex	count	Expected value	(O_ij - E_ij)^2/E_ij
0	no	male	391	402.075773	0.305099

	smoker	sex	count	Expected value	(O_ij - E_ij)^2/E_ij
1	yes	male	115	103.924227	1.180406
2	no	female	406	394.924227	0.310623
3	yes	female	91	102.075773	1.201781

Ta thấy:

$$\chi_v^2 = 2.997908815661011 < 3.841459 \quad (6)$$

Vậy bác bỏ H_A với mức ý nghĩa 0.05, chấp nhận H_0

Kết luận: sex và smoker độc lập

5. Insight: Trung bình của 'age', 'bmi', 'children' có bằng nhau đôi một

Sử dụng z-test ta tính được như sau:

H_0: trung bình `age` của người có hút thuốc = trung bình `age` của người không hút thuốc

H_A: trung bình `age` của người có hút thuốc ≠ trung bình `age` của người không hút thuốc

stat=-1.200, p=0.230

KẾT LUẬN: Với mức ý nghĩa 0.05, ta chấp nhận Ho, bác bỏ Ha

Trung bình `age` của người có hút thuốc = trung bình `age` của người không hút thuốc

---

H_0: trung bình `bmi` của người có hút thuốc = trung bình `bmi` của người không hút thuốc

H_A: trung bình `bmi` của người có hút thuốc ≠ trung bình `bmi` của người không hút thuốc

stat=-0.047, p=0.962

KẾT LUẬN: Với mức ý nghĩa 0.05, ta chấp nhận Ho, bác bỏ Ha

Trung bình `bmi` của người có hút thuốc = trung bình `bmi` của người không hút thuốc

---

H_0: trung bình `children` của người có hút thuốc = trung bình `children` của người không hút thuốc

H_A: trung bình `children` của người có hút thuốc $\neq$ trung bình `children` của người không hút thuốc

stat=0.807, p=0.420

KẾT LUẬN: Với mức ý nghĩa 0.05, ta chấp nhận Ho, bác bỏ Ha

Trung bình `children` của người có hút thuốc $=$ trung bình `children` của người không hút thuốc

6. Insight: Sự phụ thuộc của `charges` vào `sex`, `smoker`, `age`, `bmi`, `children`

Ta huấn luyện bằng mô hình OLS Regression:

In [38]:

```
                            OLS Regression Results
==============================================================================
Dep. Variable:                charges   R-squared:                       0.744
Model:                            OLS   Adj. R-squared:                  0.743
Method:                 Least Squares   F-statistic:                     580.0
Date:                Fri, 14 May 2021   Prob (F-statistic):          3.98e-292
Time:                        20:59:36   Log-Likelihood:                -10164.
No. Observations:                1003   AIC:                         2.034e+04
Df Residuals:                     997   BIC:                         2.037e+04
Df Model:                           5
Covariance Type:            nonrobust
==============================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|      [0.025      0.975]
------------------------------------------------------------------------------
const       -1.23e+04   1121.474    -10.968      0.000   -1.45e+04   -1.01e+04
sex           66.0697    386.570      0.171      0.864    -692.515     824.655
smoker      2.363e+04    478.849     49.344      0.000    2.27e+04    2.46e+04
age          260.0358     13.870     18.748      0.000     232.818     287.254
bmi          327.5600     32.307     10.139      0.000     264.162     390.958
children     434.8043    160.590      2.708      0.007     119.671     749.938
==============================================================================
Omnibus:                      241.068   Durbin-Watson:                   2.068
Prob(Omnibus):                  0.000   Jarque-Bera (JB):              592.918
Skew:                           1.268   Prob(JB):                    1.78e-129
Kurtosis:                       5.785   Cond. No.                         299.
==============================================================================

Notes:
[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly spe
cified.
```

Kết luận:

- Biến `sex` không có ý nghĩa (có thể loại bỏ)
- Biến `smoker` có ý nghĩa đối với mô hình về mặt thống kê (với mức ý nghĩa (***) hay p-value = 0.000)
- Biến `age` có ý nghĩa đối với mô hình về mặt thống kê (với mức ý nghĩa (***) hay p-value = 0.000)

- Biến `bmi` có ý nghĩa đối với mô hình về mặt thống kê (với mức ý nghĩa (***) hay p-value = 0.000)
- Biến `children` không có ý nghĩa (có thể loại bỏ)
- Mô hình có thể giải thích được 74.3% sự thay đổi của biến `charges`
- Mô hình tương đối tốt (p-value = 1.78e-129)

Ta huấn luyện lại mô hình dựa theo kết luận trên

In [39]:

```
                            OLS Regression Results
==============================================================================
Dep. Variable:                charges   R-squared:                       0.742
Model:                            OLS   Adj. R-squared:                  0.741
Method:                 Least Squares   F-statistic:                     959.1
Date:                Fri, 14 May 2021   Prob (F-statistic):          1.63e-293
Time:                        21:00:36   Log-Likelihood:                -10168.
No. Observations:                1003   AIC:                         2.034e+04
Df Residuals:                     999   BIC:                         2.036e+04
Df Model:                           3
Covariance Type:            nonrobust
==============================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|      [0.025      0.975]
------------------------------------------------------------------------------
const      -1.185e+04   1097.537    -10.799      0.000    -1.4e+04   -9698.979
smoker      2.367e+04    479.257     49.386      0.000    2.27e+04    2.46e+04
age          262.1450     13.884     18.881      0.000     234.900     289.390
bmi          326.7252     32.392     10.086      0.000     263.160     390.290
==============================================================================
Omnibus:                      238.957   Durbin-Watson:                   2.060
Prob(Omnibus):                  0.000   Jarque-Bera (JB):              580.364
Skew:                           1.263   Prob(JB):                    9.45e-127
Kurtosis:                       5.741   Cond. No.                         291.
==============================================================================

Notes:
[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly spe
cified.
```

In [40]:

```
Parameters:  const    -11852.720452
smoker    23668.497446
age         262.144961
bmi         326.725200
dtype: float64
```

Ta thấy:

- Cứ tăng 1 tuổi thì chi phí y tế cá nhân tăng 262.144961, tăng 1 chỉ số bmi thì tăng 326.725200 chi phí y tế cá nhân
- Riêng với smoker, người có hút thuốc thì có chi phí y tế cá nhân cao hơn người không hút thuốc đến 23668.497446

II. Thuật toán sử dụng

Trong lab này, nhóm em sử dụng 2 thuật toán chính là Simple linear regression và Support Vector Regression (SVR) (là một dạng mở rộng của Support Vector MachineMachine).

1. Cách thức đánh giá mô hình

- Nhóm em sử dụng độ do R-squared để đánh giá mô hình

- Phương pháp lấy mẫu để đánh giá mô hình là K-Fold Cross-Validation với k = 10

2. Thuật toán SVR

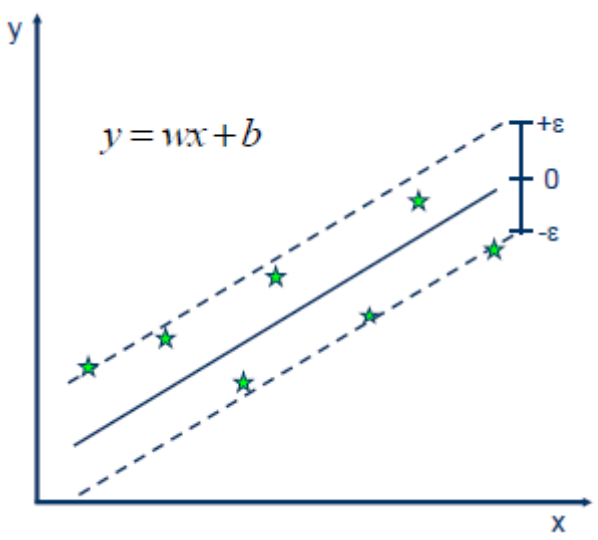
a. Giới thiệu SVR

Support Vector Machine (SVM)

SVM là bài toán phân lớp, và đi tìm mặt phân cách sao cho margin tìm được là lớn nhất, đồng nghĩa với việc các điểm dữ liệu an toàn nhất so với mặt phân cách.

Support Vector Regression (SVR)

SVR là một biến thể của SVM để dùng cho bài toán hồi quy. SVR tìm cách cực tiểu margin sao cho có thể chứa nhiều điểm dữ liệu nhất có thể.



- Solution:

$$\min \frac{1}{2}\|w\|^2$$

- Constraints:

$$y_i - wx_i - b \le \varepsilon$$
$$wx_i + b - y_i \le \varepsilon$$

b. Sử dụng SVR từ thư viện Scikit-learn

Trước khi trình bày quy trình, nhóm em thống như quy tắt đặt biến như sau:

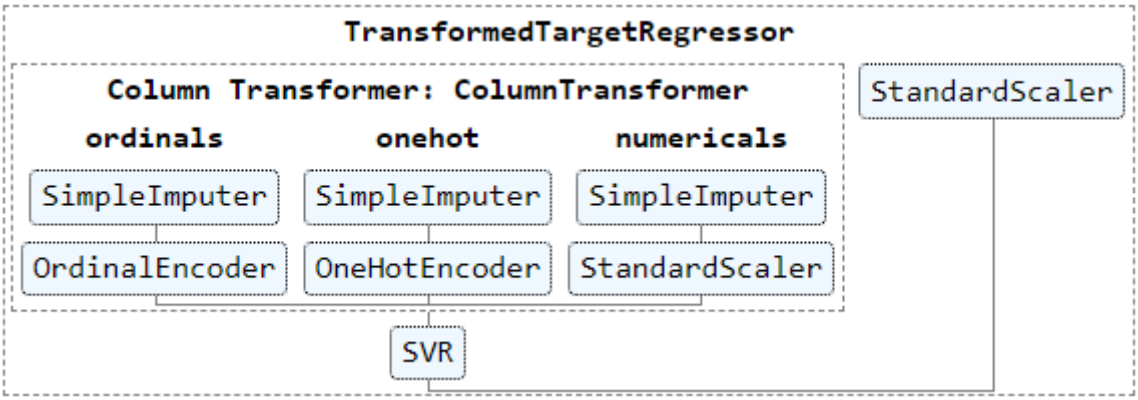
- X là một Dataframe đọc từ file train và không bao gồm cột `charges`
- y là Series chứa dữ liệu của cột `charges`
- preds là output sau khi chạy mô hình
- X_test, y_test tương tự như X, y nhưng được đọc từ file test

Để chọn ra mô hình tốt nhất, nhóm tiến hành các bước như sau

Bước 1: Tiền xử lí:

- Tiền xử lí X: dùng OrdinalEncoder cho cột `sex` và `smoker`, OnehotEncoder cho `region`, StandardScaler cho các cột có kiểu số
- Tiền xử lý y bằng StandardScaler

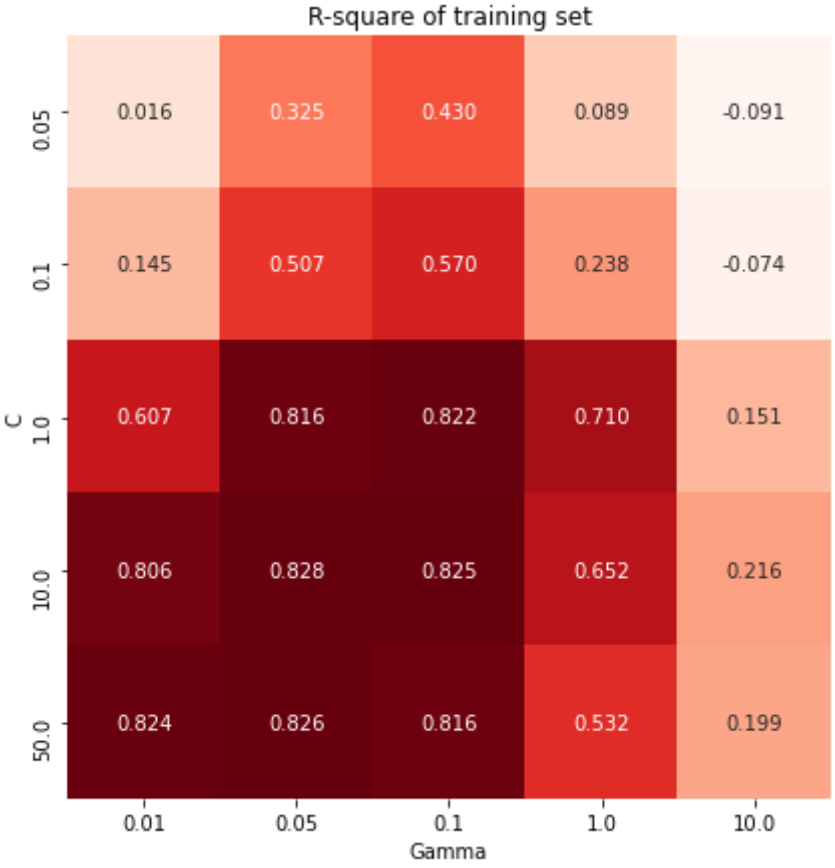
Theo các bước tiền xử lí như trên ta được Pipeline như sau:



Bước 2:

Chọn tham số cho mô hình SVR với kernel mặc đinh

Với phương pháp lấy mẫu là K-Fold, xem xét độ lỗi trên tập train ta được độ lỗi trung bình đối với từng siêu tham số C và gamma như sau:



Qua đó ta thấy mô hình đạt kết quả tốt nhất trên tập train là 0.828 với C = 10 và gamma = 0.05

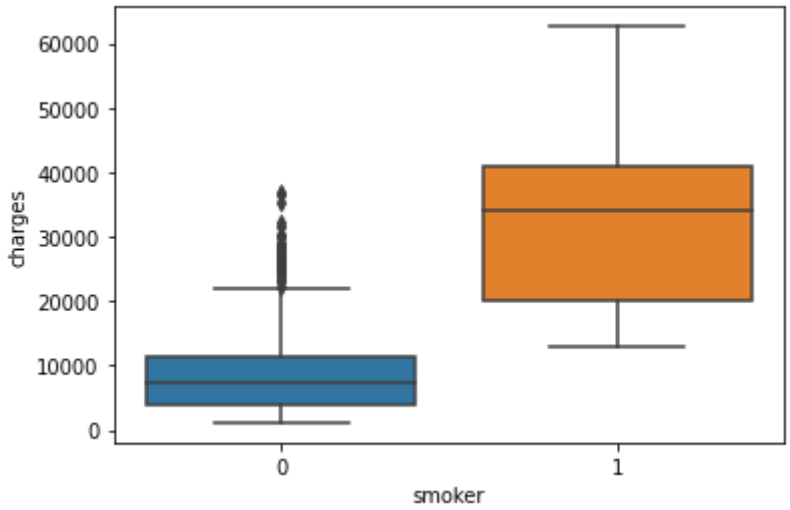
Bước 3: Huấn luyện mô hình với các siêu tham số vừa tìm được ở trên

Với các siêu tham số trên thì độ chính xác trên tập test khoảng 0.857

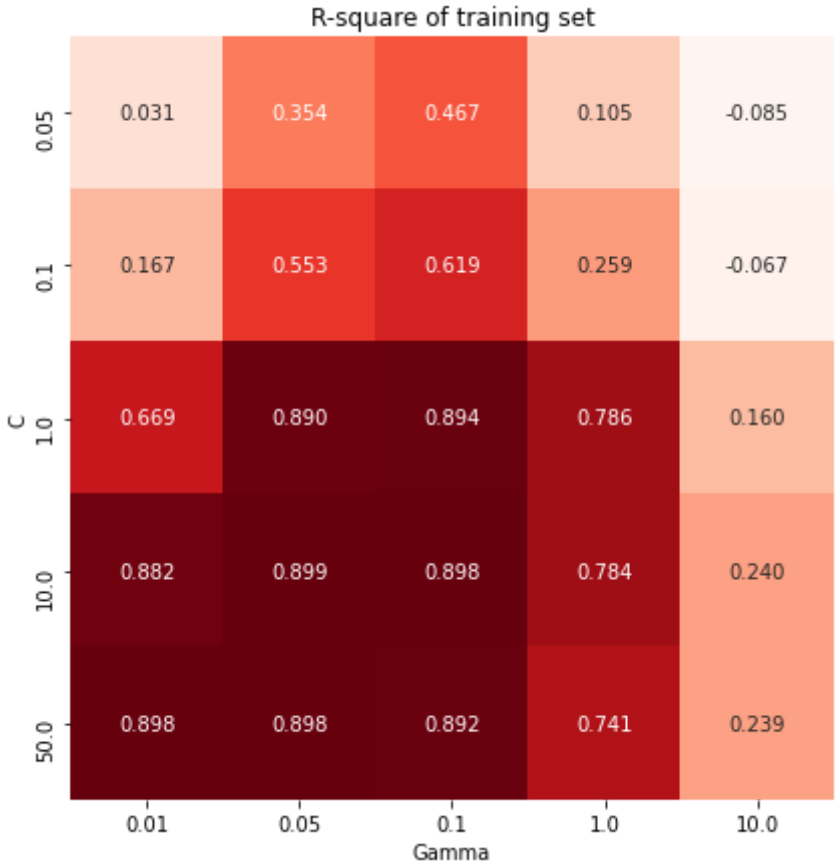
c. Thử nghiệm tương tự với các kernel khác

Thử nghiệm tương tự với các kernel khác. Kết quả được trình bày cụ thể trong bài làm

d. Thử xóa các outlier



Ta thấy nhóm bệnh nhân không hút thuốc có nhiều outlier về chi phí phải trả. Ta thử các outlier này và huấn luyện lại mô hình với các siêu tham số tốt nhất trong các thử nghiệm ở trên. Ta được kết quả như sau:

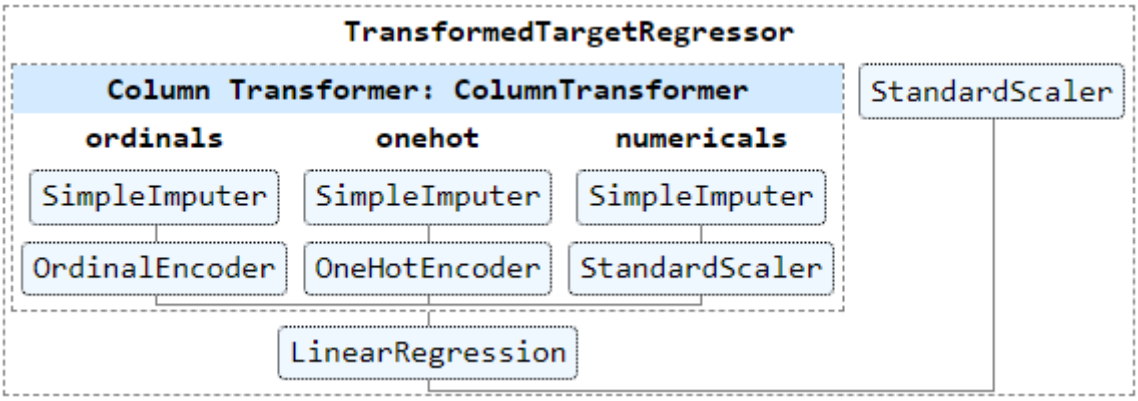


Ta thấy R-squared trên tập train đã tăng lên khá nhiều, đạt 0.899

Tuy nhiên khi dùng mô hình này để chạy trên tập test thì kết quả chỉ đạt 0.853. Có thể thấy các bệnh nhân này không phải là các trường hợp bất thường. Mà trong thực tế (tập test) vẫn có khá nhiều bệnh nhân giống như vậy - không hút thuốc nhưng chi phí y tế lại cao. Có thể ta cần thêm các thuộc tính khác như thu nhập, môi trường sống có ô nhiễm hay không... mới có thể dự đoán chi phí cho y tế được chính xác hơn

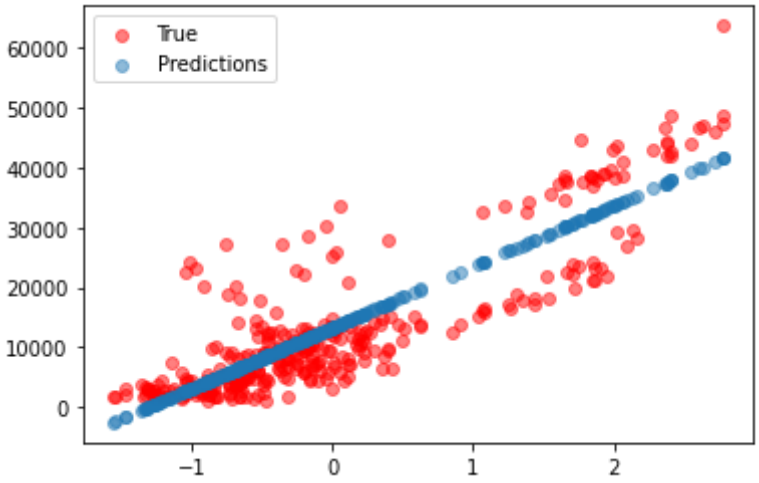
3. Dùng Simple Linear Regression từ thư viện Scikit-learn

Tương tự như trên, Pipeline của mô hình là:



Đối với mô hình này ta chỉ đặt độ chính xác R-squared là 0.766

Trực quan hóa mô hình



III. Tham khảo

[1]. Stephanie - Variance Inflation Factor - Statisticshowto.com

[2]. https://www3.nd.edu/~rwilliam/stats1/x51.pdf

[3]. https://towardsdatascience.com/gentle-introduction-to-chi-square-test-for-independence-7182a7414a95

[4]. https://scikit-learn.org/0.21/documentation.html

[5]. https://machinelearningmastery.com/how-to-transform-target-variables-for-regression-with-scikit-learn/