



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO**

Università degli Studi di Bari Aldo Moro

FACOLTÀ DI INFORMATICA
Corso di Laurea Triennale in Informatica

CASO DI STUDIO DEL CORSO IN INGEGNERIA DELLA CONOSCENZA

**SISTEMA INTELLIGENTE PER LA PREDIZIONE DEL
PREZZO DI AUTO BASATO SU ALGORITMI DI
APPRENDIMENTO SUPERVISIONATO
-
GESTIONE DEI VEICOLI ATTRAVERSO UNA
KNOWLEDGE BASE**

GitHub Repository: <https://github.com/UniBaBoyz/Corona>

Autori:

Tanzi Giuseppe

Matricola 697177

Papeo Alessandro

Matricola 703108

Stelluti Michele

Matricola 705052

Susso Vincenzo

Matricola 697538

1 Introduzione

Una società automobilistica giapponese aspira ad entrare nel mercato statunitense stabilendo lì la propria fabbrica di produzione e producendo auto a livello locale per dare concorrenza alle controparti statunitensi ed europee.

Una società di consulenza automobilistica è stata incaricata per comprendere i fattori da cui dipende il prezzo delle auto. Nello specifico, si vogliono comprendere i fattori che influenzano il prezzo delle auto nel mercato americano, poiché questi possono essere molto diversi dal mercato giapponese. L'azienda, in particolare, vuole conoscere:

- Quali sono le variabili significative nella previsione del prezzo di un'auto
- In che misura queste variabili influenzano il prezzo di un'auto

Sulla base di varie indagini di mercato, la società di consulenza ha raccolto un ampio set di dati di diversi tipi di auto in tutto il mercato americano.

2 Obiettivo aziendale

È necessario modellare il prezzo delle auto con le variabili indipendenti disponibili. Esse saranno utilizzate dal management per capire quanto variano esattamente i prezzi con le variabili indipendenti. Di conseguenza si potrà modellare il design delle auto, la strategia aziendale, ecc... per soddisfare determinati livelli di prezzo. Inoltre, il modello di predizione sarà un buon modo per comprendere le dinamiche di prezzo di un nuovo mercato.

```
[1]: #Importing the libraries
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
```

3 Step 1: Leggere e comprendere il dataset

Iniziamo con i seguenti passi:

1. Importare il dataset usando la libreria pandas
2. Comprendere la struttura del dataset

```
[2]: cars = pd.read_csv('data/CarPrice.csv')
cars.head()
```

```
[2]:   car_ID  symboling          CarName fueltype aspiration doornumber \
0        1          3      alfa-romero giulia      gas         std         two
1        2          3      alfa-romero stelvio      gas         std         two
2        3          1  alfa-romero Quadrifoglio      gas         std         two
3        4          2              audi 100 ls      gas         std         four
4        5          2              audi 100ls      gas         std         four

   carbody drivewheel enginelocation  wheelbase  ...  enginesize \
```

0	convertible	rwd	front	88.6	...	130
1	convertible	rwd	front	88.6	...	130
2	hatchback	rwd	front	94.5	...	152
3	sedan	fwd	front	99.8	...	109
4	sedan	4wd	front	99.4	...	136

	fuelsystem	boreratio	stroke	compressionratio	horsepower	peakrpm	citympg	\
0	mpfi	3.47	2.68	9.0	111	5000	21	
1	mpfi	3.47	2.68	9.0	111	5000	21	
2	mpfi	2.68	3.47	9.0	154	5000	19	
3	mpfi	3.19	3.40	10.0	102	5500	24	
4	mpfi	3.19	3.40	8.0	115	5500	18	

	highwaympg	price
0	27	13495.0
1	27	16500.0
2	26	16500.0
3	30	13950.0
4	22	17450.0

[5 rows x 26 columns]

```
[3]: cars.shape
```

```
[3]: (205, 26)
```

```
[4]: cars.describe()
```

```
[4]:
```

	car_ID	symboling	wheelbase	carlength	carwidth	carheight	\
count	205.000000	205.000000	205.000000	205.000000	205.000000	205.000000	
mean	103.000000	0.834146	98.756585	174.049268	65.907805	53.724878	
std	59.322565	1.245307	6.021776	12.337289	2.145204	2.443522	
min	1.000000	-2.000000	86.600000	141.100000	60.300000	47.800000	
25%	52.000000	0.000000	94.500000	166.300000	64.100000	52.000000	
50%	103.000000	1.000000	97.000000	173.200000	65.500000	54.100000	
75%	154.000000	2.000000	102.400000	183.100000	66.900000	55.500000	
max	205.000000	3.000000	120.900000	208.100000	72.300000	59.800000	

	curbweight	enginesize	boreratio	stroke	compressionratio	\
count	205.000000	205.000000	205.000000	205.000000	205.000000	
mean	2555.565854	126.907317	3.329756	3.255415	10.142537	
std	520.680204	41.642693	0.270844	0.313597	3.972040	
min	1488.000000	61.000000	2.540000	2.070000	7.000000	
25%	2145.000000	97.000000	3.150000	3.110000	8.600000	
50%	2414.000000	120.000000	3.310000	3.290000	9.000000	
75%	2935.000000	141.000000	3.580000	3.410000	9.400000	
max	4066.000000	326.000000	3.940000	4.170000	23.000000	

	horsepower	peakrpm	citympg	highwaympg	price
count	205.000000	205.000000	205.000000	205.000000	205.000000
mean	104.117073	5125.121951	25.219512	30.751220	13276.710571
std	39.544167	476.985643	6.542142	6.886443	7988.852332
min	48.000000	4150.000000	13.000000	16.000000	5118.000000
25%	70.000000	4800.000000	19.000000	25.000000	7788.000000
50%	95.000000	5200.000000	24.000000	30.000000	10295.000000
75%	116.000000	5500.000000	30.000000	34.000000	16503.000000
max	288.000000	6600.000000	49.000000	54.000000	45400.000000

```
[5]: cars.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 205 entries, 0 to 204
Data columns (total 26 columns):
#   Column                Non-Null Count  Dtype
---  -
0   car_ID                205 non-null   int64
1   symboling             205 non-null   int64
2   CarName               205 non-null   object
3   fueltype              205 non-null   object
4   aspiration            205 non-null   object
5   doornumber            205 non-null   object
6   carbody               205 non-null   object
7   drivewheel            205 non-null   object
8   enginelocation        205 non-null   object
9   wheelbase             205 non-null   float64
10  carlength             205 non-null   float64
11  carwidth              205 non-null   float64
12  carheight             205 non-null   float64
13  curbweight            205 non-null   int64
14  enginetype            205 non-null   object
15  cylindernumber        205 non-null   object
16  enginesize            205 non-null   int64
17  fuelsystem            205 non-null   object
18  boreratio             205 non-null   float64
19  stroke                205 non-null   float64
20  compressionratio      205 non-null   float64
21  horsepower            205 non-null   int64
22  peakrpm               205 non-null   int64
23  citympg               205 non-null   int64
24  highwaympg            205 non-null   int64
25  price                 205 non-null   float64
dtypes: float64(8), int64(8), object(10)
memory usage: 41.8+ KB
```

4 Step 2 : Pulizia e preparazione del dataset

- Separiamo il nome della macchina dal nome dell'azienda ed eliminiamo la feature del nome della macchina dal dataset, poichè inutile.

```
[6]: #Splitting company name from CarName column
CompanyName = cars['CarName'].apply(lambda x : x.split(' ')[0])
cars.insert(3,"CompanyName",CompanyName)
cars.drop(['CarName'],axis=1,inplace=True)
cars.head()
```

```
[6]:   car_ID  symboling  CompanyName  fueltype  aspiration  doornumber  carbody \
0        1          3  alfa-romero    gas          std           two  convertible
1        2          3  alfa-romero    gas          std           two  convertible
2        3          1  alfa-romero    gas          std           two  hatchback
3        4          2         audi    gas          std           four    sedan
4        5          2         audi    gas          std           four    sedan

   drivewheel  enginelocation  wheelbase  ...  enginesize  fuelsystem  \
0          rwd           front      88.6  ...        130        mpfi
1          rwd           front      88.6  ...        130        mpfi
2          rwd           front      94.5  ...        152        mpfi
3          fwd           front      99.8  ...        109        mpfi
4          4wd           front      99.4  ...        136        mpfi

   boreratio  stroke  compressionratio  horsepower  peakrpm  citympg  highwaympg  \
0        3.47    2.68                9.0         111     5000      21          27
1        3.47    2.68                9.0         111     5000      21          27
2        2.68    3.47                9.0         154     5000      19          26
3        3.19    3.40               10.0         102     5500      24          30
4        3.19    3.40                8.0         115     5500      18          22

   price
0  13495.0
1  16500.0
2  16500.0
3  13950.0
4  17450.0

[5 rows x 26 columns]
```

- Vediamo i nomi di tutte le aziende presenti nel dataset.

```
[7]: cars.CompanyName.unique()
```

```
[7]: array(['alfa-romero', 'audi', 'bmw', 'chevrolet', 'dodge', 'honda',
       'isuzu', 'jaguar', 'maxda', 'mazda', 'buick', 'mercury',
       'mitsubishi', 'Nissan', 'nissan', 'peugeot', 'plymouth', 'porsche',
```

```
'porcshce', 'renault', 'saab', 'subaru', 'toyota', 'toyouta',
'vokswagen', 'volkswagen', 'vw', 'volvo'], dtype=object)
```

4.1 Rinominazione dei nomi delle aziende

- Sembrano esserci alcuni errori di spelling nella colonna CompanyName:

```
- maxda = mazda
- Nissan = nissan
- porsche = porcshce
- toyota = toyouta
- vokswagen = volkswagen = vw
```

```
[8]: cars.CompanyName = cars.CompanyName.str.lower()
```

```
def replace_name(a,b):
    cars.CompanyName.replace(a,b,inplace=True)

replace_name('maxda', 'mazda')
replace_name('porcshce', 'porsche')
replace_name('toyouta', 'toyota')
replace_name('vokswagen', 'volkswagen')
replace_name('vw', 'volkswagen')

cars.CompanyName.unique()
```

```
[8]: array(['alfa-romero', 'audi', 'bmw', 'chevrolet', 'dodge', 'honda',
        'isuzu', 'jaguar', 'mazda', 'buick', 'mercury', 'mitsubishi',
        'nissan', 'peugeot', 'plymouth', 'porsche', 'renault', 'saab',
        'subaru', 'toyota', 'volkswagen', 'volvo'], dtype=object)
```

```
[9]: #Checking for duplicates
cars.loc[cars.duplicated()]
```

```
[9]: Empty DataFrame
Columns: [car_ID, symboling, CompanyName, fueltype, aspiration, doornumber,
carbody, drivewheel, enginelocation, wheelbase, carlength, carwidth, carheight,
curbweight, enginetype, cylindernumber, enginesize, fuelsystem, boreratio,
stroke, compressionratio, horsepower, peakrpm, citympg, highwaympg, price]
Index: []
```

```
[0 rows x 26 columns]
```

- Vediamo tutte le feature del dataset.

```
[10]: cars.columns
```

```
[10]: Index(['car_ID', 'symboling', 'CompanyName', 'fueltype', 'aspiration',
        'doornumber', 'carbody', 'drivewheel', 'enginelocation', 'wheelbase',
```

```

'carlength', 'carwidth', 'carheight', 'curbweight', 'enginetype',
'cylindernumber', 'enginesize', 'fuelsystem', 'bore_ratio', 'stroke',
'compressionratio', 'horsepower', 'peakrpm', 'citympg', 'highwaympg',
'price'],
dtype='object')

```

5 Step 3: Visualizzazione delle feature

```

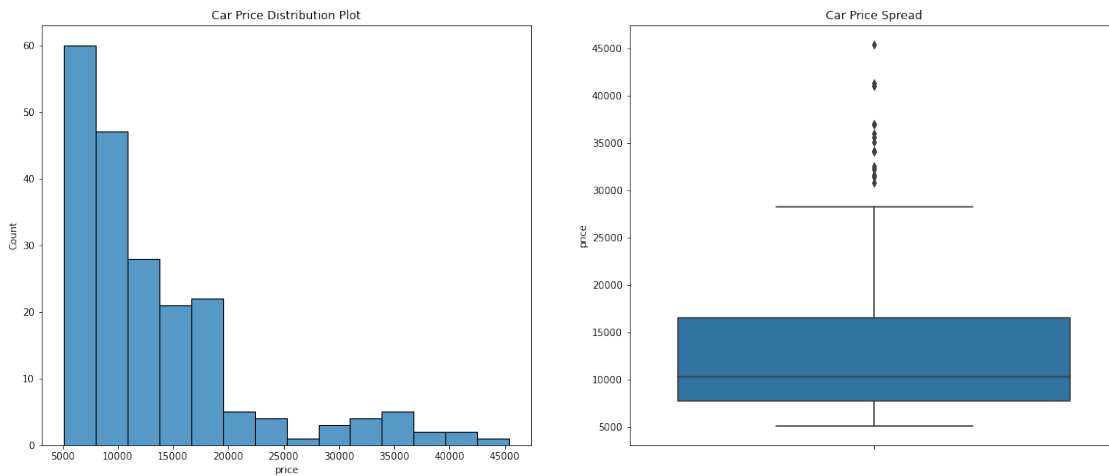
[11]: plt.figure(figsize=(20,8))

plt.subplot(1,2,1)
plt.title('Car Price Distribution Plot')
sns.histplot(cars.price)

plt.subplot(1,2,2)
plt.title('Car Price Spread')
sns.boxplot(y=cars.price)

plt.show()

```



```

[12]: print(cars.price.describe(percentiles = [0.25,0.50,0.75,0.85,0.90,1]))

```

```

count      205.000000
mean       13276.710571
std         7988.852332
min         5118.000000
25%         7788.000000
50%        10295.000000
75%        16503.000000
85%        18500.000000

```

```
90%      22563.000000
100%     45400.000000
max       45400.000000
Name: price, dtype: float64
```

5.0.1 Inferenza :

1. Il grafico mostra che la maggior parte dei prezzi nel set di dati è bassa (inferiore a 15.000).
2. Esiste una differenza significativa tra la media e la mediana della distribuzione dei prezzi.
3. I dati sono molto distanti dalla media, il che indica un'elevata variazione dei prezzi delle auto (l'85% dei prezzi è inferiore a 18.500, mentre il restante 15% è compreso tra 18.500 e 45.400).

5.1 Step 3.1 : Visualizzazione delle feature categoriche

- CompanyName
- Symboling
- fueltype
- enginetype
- carbody
- doornumber
- enginelocation
- fuelsystem
- cylindernumber
- aspiration
- drivewheel

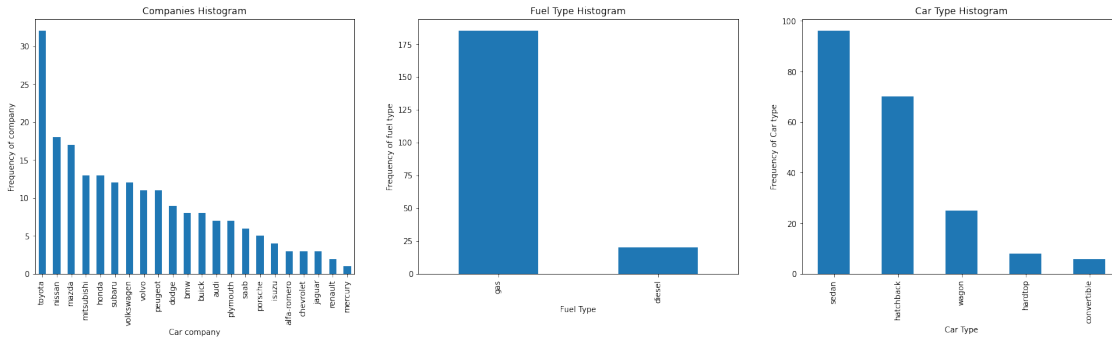
```
[13]: plt.figure(figsize=(25, 6))

plt.subplot(1,3,1)
plt1 = cars.CompanyName.value_counts().plot(kind='bar')
plt.title('Companies Histogram')
plt1.set(xlabel = 'Car company', ylabel='Frequency of company')

plt.subplot(1,3,2)
plt1 = cars.fueltype.value_counts().plot(kind = 'bar')
plt.title('Fuel Type Histogram')
plt1.set(xlabel = 'Fuel Type', ylabel='Frequency of fuel type')

plt.subplot(1,3,3)
plt1 = cars.carbody.value_counts().plot(kind = 'bar')
plt.title('Car Type Histogram')
plt1.set(xlabel = 'Car Type', ylabel='Frequency of Car type')

plt.show()
```

5.1.1 Inferenza :

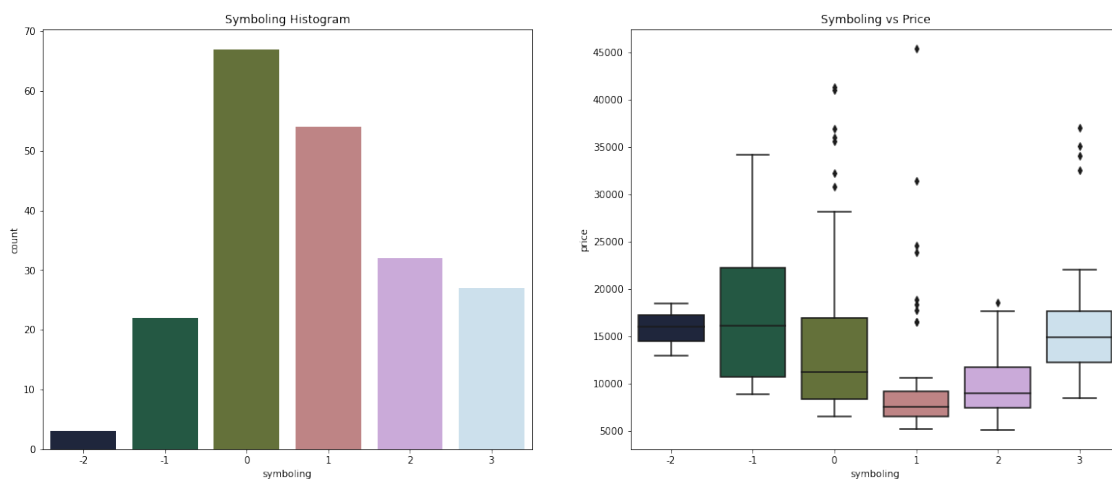
1. Toyota sembra essere l'azienda favorita.
2. Il numero delle macchine alimentate a gas sono di numero maggiore rispetto a quelle alimentate a diesel.
3. sedan è il tipo di macchina preferito.

```
[14]: plt.figure(figsize=(20,8))

plt.subplot(1,2,1)
plt.title('Symboling Histogram')
sns.countplot(x=cars.symboling, palette="cubehelix")

plt.subplot(1,2,2)
plt.title('Symboling vs Price')
sns.boxplot(x=cars.symboling, y=cars.price, palette="cubehelix")

plt.show()
```



5.1.2 Inferenza :

1. Sembra che i simboli con i valori 0 e 1 abbiano un numero elevato di righe (ovvero sono i più venduti).
2. Le auto con il simbolo -1 sembrano avere un prezzo elevato, ma sembra che il simbolo con il valore 3 abbia una fascia di prezzo simile al valore -2.
3. C'è un calo di prezzo al simbolo 1.

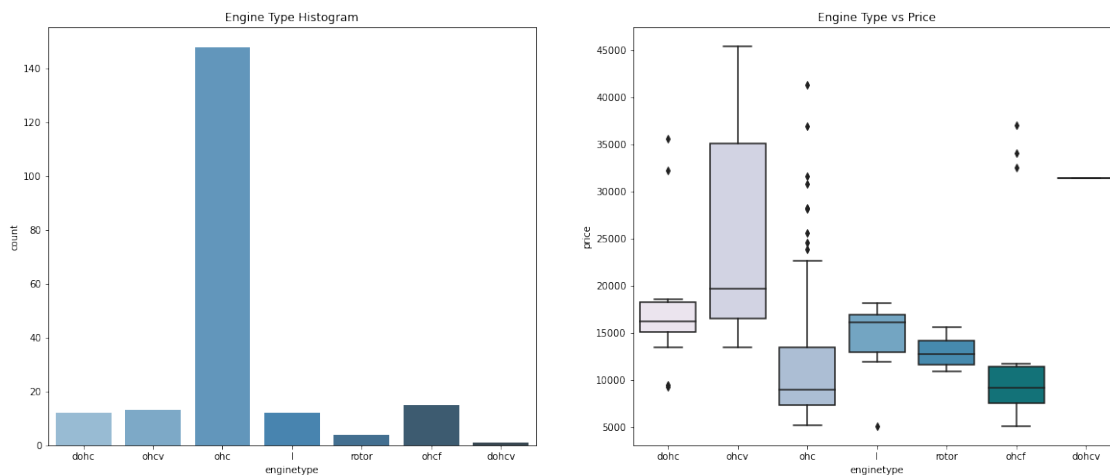
```
[15]: plt.figure(figsize=(20,8))

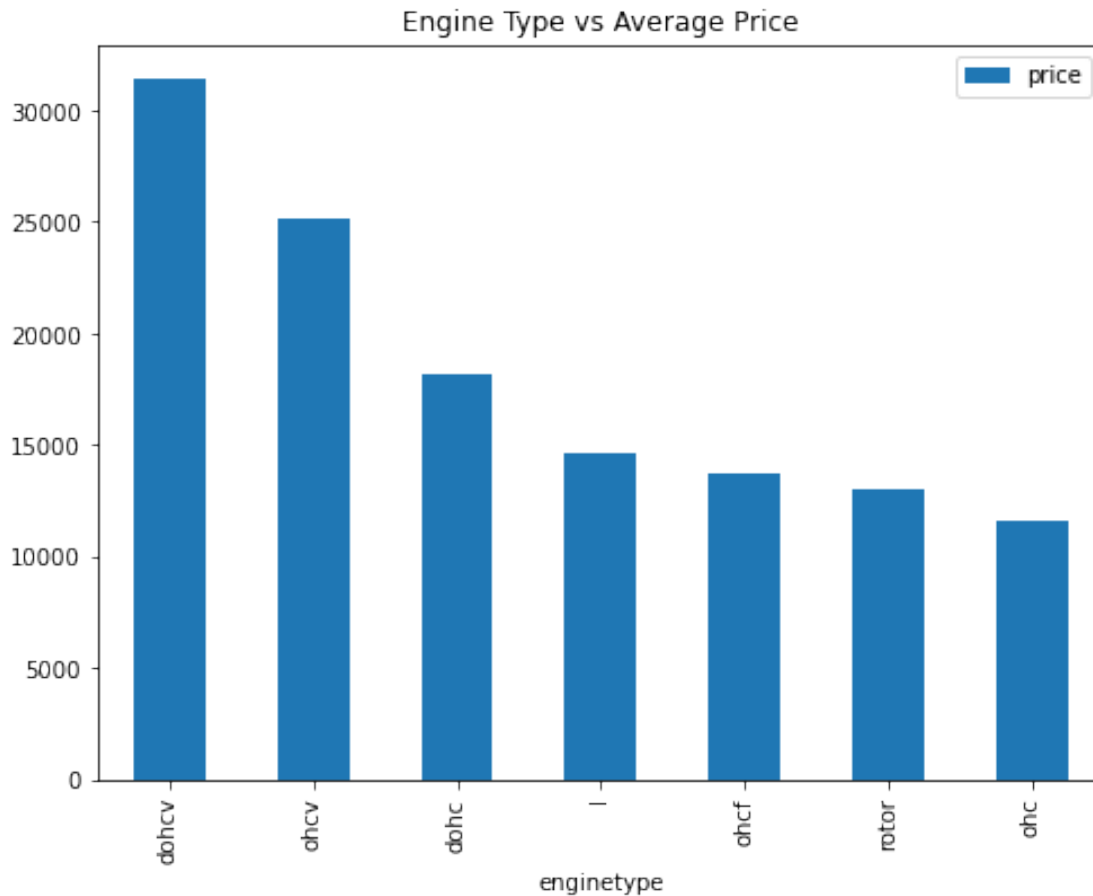
plt.subplot(1,2,1)
plt.title('Engine Type Histogram')
sns.countplot(x=cars.enginetype, palette="Blues_d")

plt.subplot(1,2,2)
plt.title('Engine Type vs Price')
sns.boxplot(x=cars.enginetype, y=cars.price, palette="PuBuGn")

plt.show()

df = pd.DataFrame(cars.groupby(['enginetype'])['price'].mean().
    →sort_values(ascending = False))
df.plot.bar(figsize=(8,6))
plt.title('Engine Type vs Average Price')
plt.show()
```





5.1.3 Inferenza :

1. ohc sembra essere il tipo di motore preferito.
2. ohcv ha la fascia di prezzo più elevata (mentre dohc ha solo una riga); ohc e ohcf hanno la fascia di prezzo più bassa.

```
[16]: plt.figure(figsize=(25, 6))

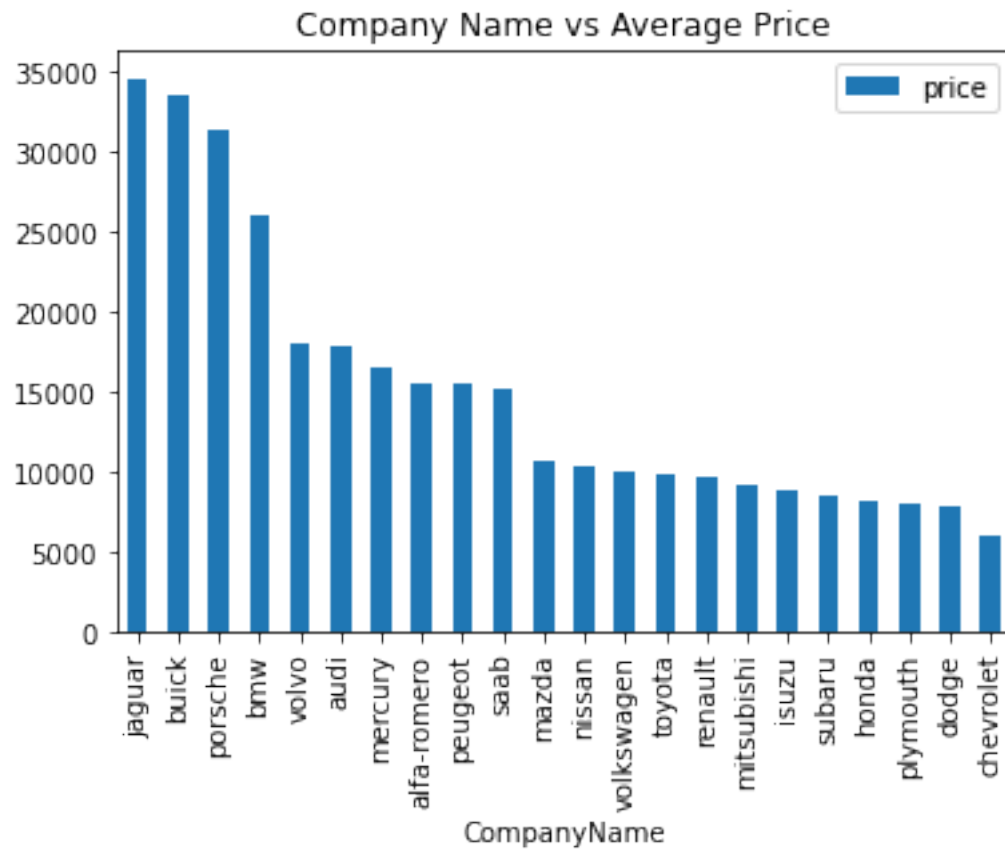
df = pd.DataFrame(cars.groupby(['CompanyName'])['price'].mean().
    ↳sort_values(ascending = False))
df.plot.bar()
plt.title('Company Name vs Average Price')
plt.show()

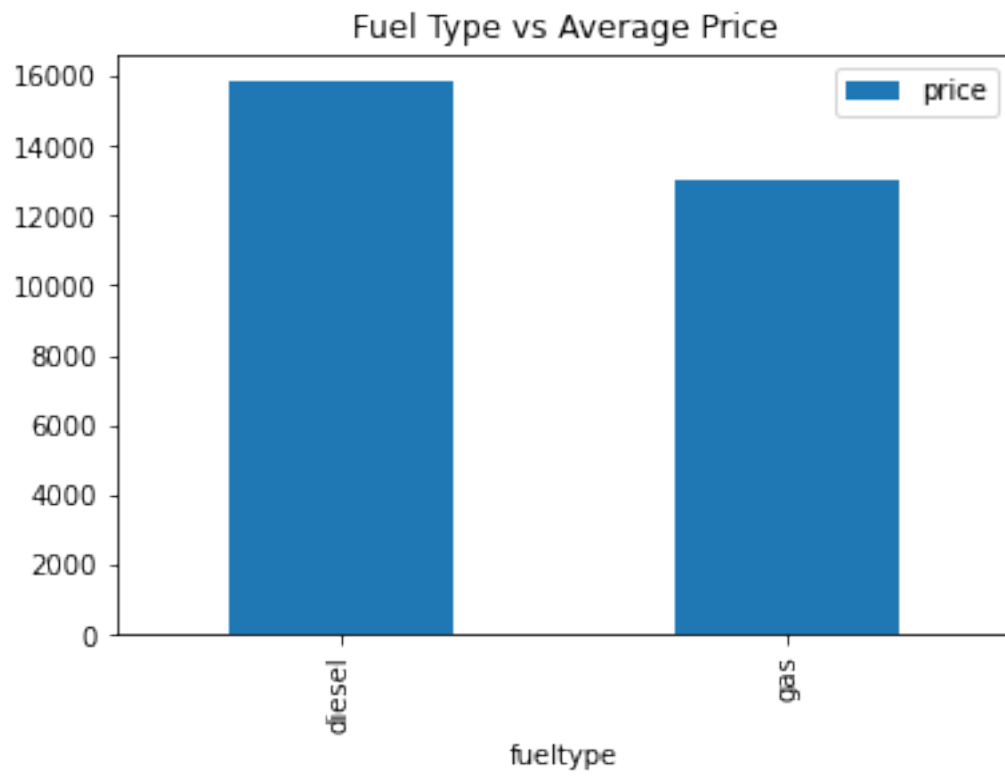
df = pd.DataFrame(cars.groupby(['fueltype'])['price'].mean().
    ↳sort_values(ascending = False))
df.plot.bar()
plt.title('Fuel Type vs Average Price')
```

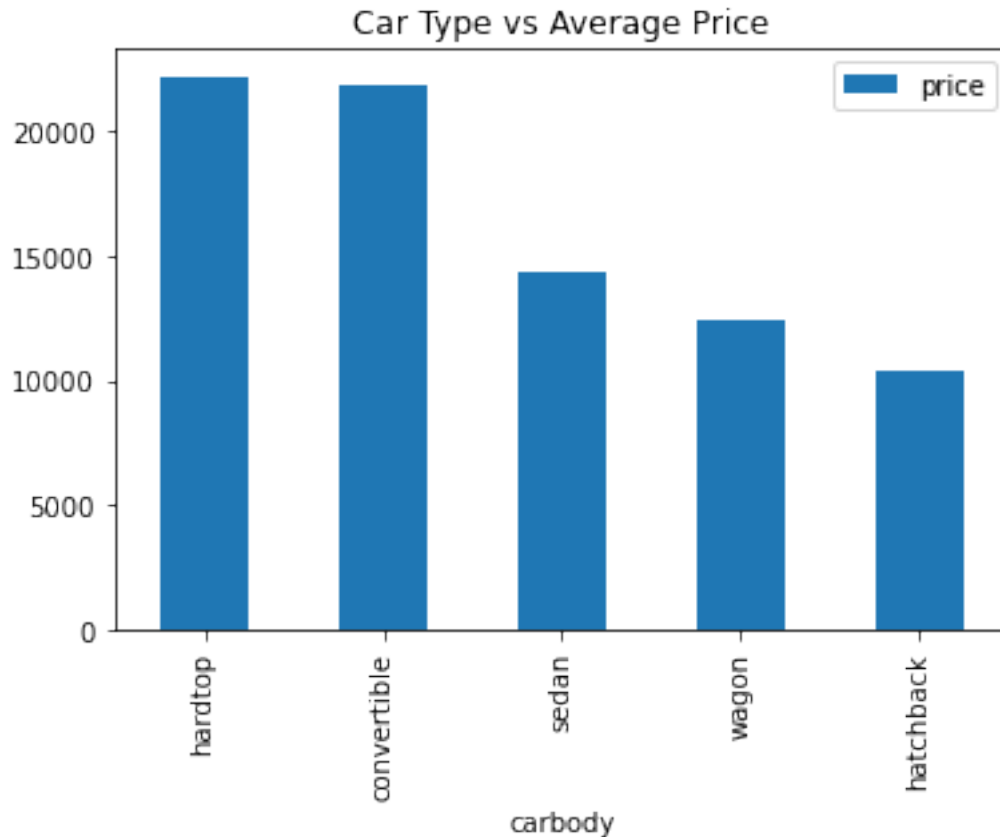
```
plt.show()

df = pd.DataFrame(cars.groupby(['carbody'])['price'].mean(),
                  →sort_values(ascending = False))
df.plot.bar()
plt.title('Car Type vs Average Price')
plt.show()
```

<Figure size 1800x432 with 0 Axes>







5.1.4 Inferenza :

1. Jaguar e Buick sembrano avere la media di prezzo più alta.
2. diesel ha la media prezzo più alta rispetto al gas.
3. hardtop e convertible hanno la media di prezzo più alta.

```
[17]: plt.figure(figsize=(15,5))

plt.subplot(1,2,1)
plt.title('Door Number Histogram')
sns.countplot(x=cars.doornumber, palette="plasma")

plt.subplot(1,2,2)
plt.title('Door Number vs Price')
sns.boxplot(x=cars.doornumber, y=cars.price, palette="plasma")

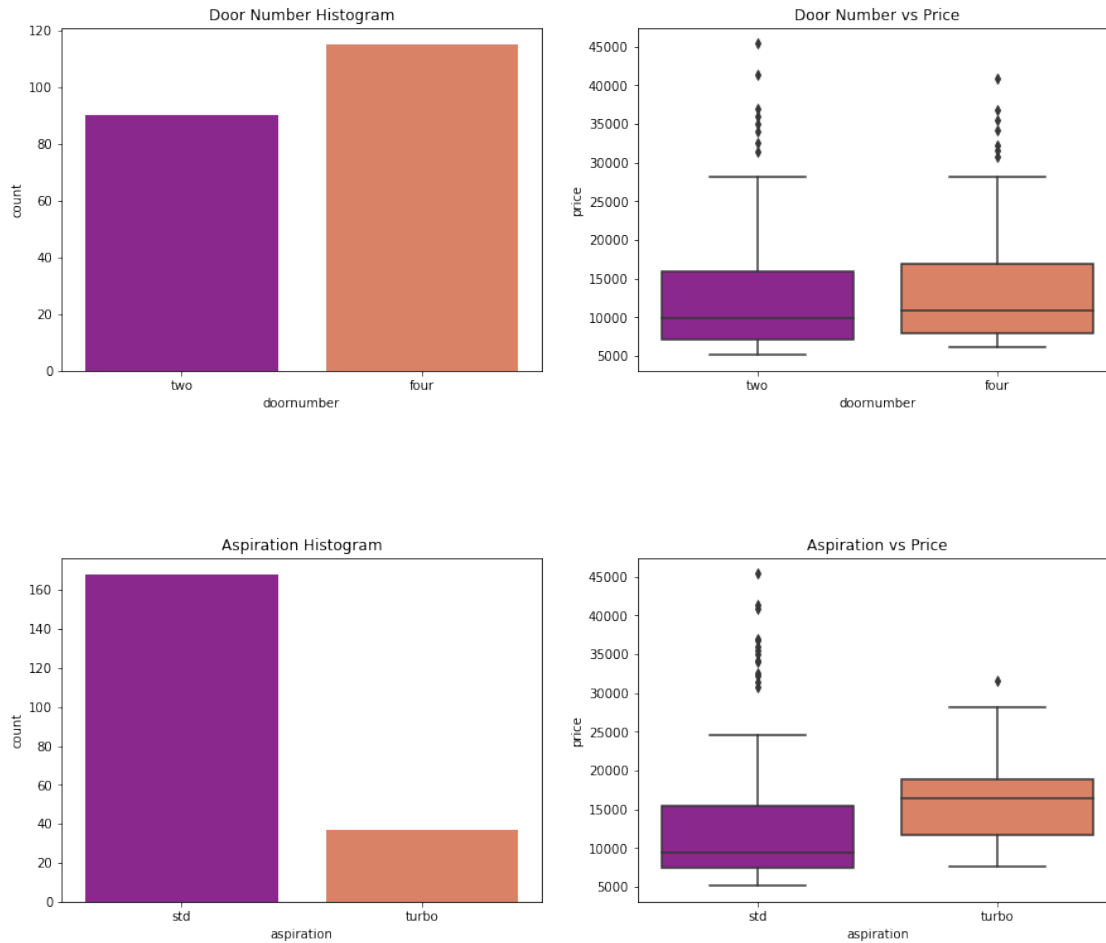
plt.show()

plt.figure(figsize=(15,5))
```

```
plt.subplot(1,2,1)
plt.title('Aspiration Histogram')
sns.countplot(x=cars.aspiration, palette=("plasma"))

plt.subplot(1,2,2)
plt.title('Aspiration vs Price')
sns.boxplot(x=cars.aspiration, y=cars.price, palette=("plasma"))

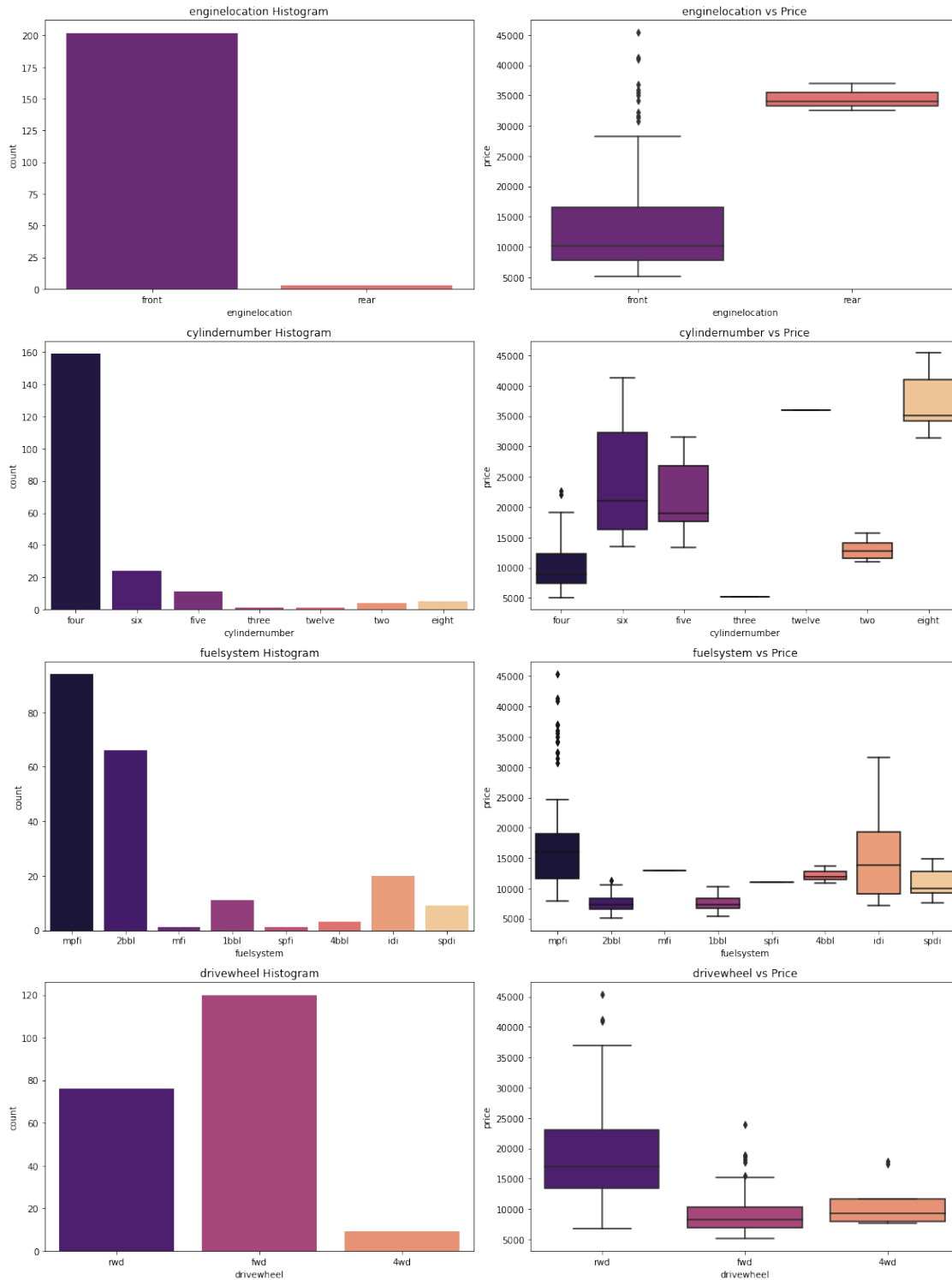
plt.show()
```



5.1.5 Inferenza :

1. doornumber non influenza molto il prezzo: non c'è una significativa differenza di prezzo tra le due categorie.
2. Sembra che l'aspirazione con turbo abbia la fascia di prezzo più elevata rispetto all'aspirazione std (sebbene sembra che l'aspirazione standard sia la più venduta).

```
[18]: def plot_count(x,fig):  
    plt.subplot(4,2,fig)  
    plt.title(x+ ' Histogram')  
    sns.countplot(x=cars[x],palette="magma")  
    plt.subplot(4,2,(fig+1))  
    plt.title(x+ ' vs Price')  
    sns.boxplot(x=cars[x], y=cars.price, palette="magma")  
  
plt.figure(figsize=(15,20))  
  
plot_count('enginelocation', 1)  
plot_count('cylindernumber', 3)  
plot_count('fuelsystem', 5)  
plot_count('drivewheel', 7)  
  
plt.tight_layout()
```

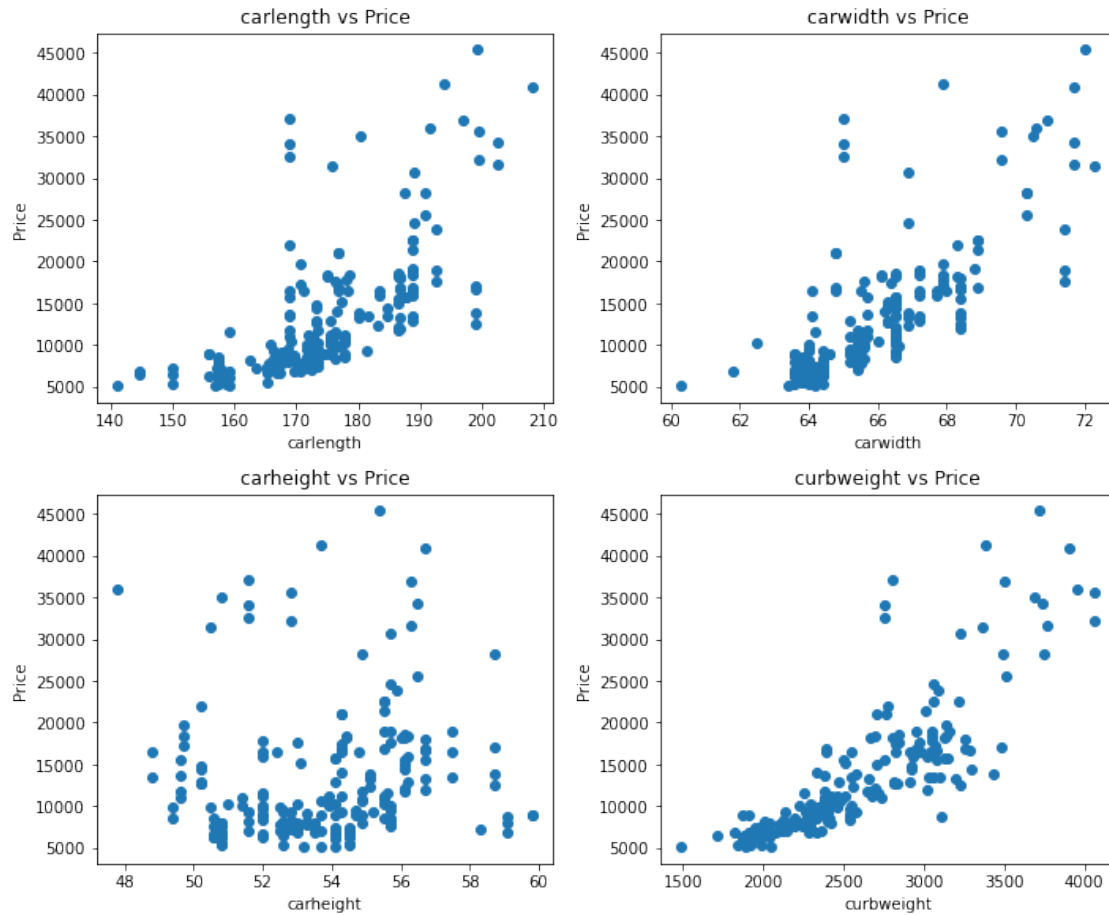
5.1.6 Inferenza :

1. Ci sono troppi pochi dati di engine location per poter ottenere un'inferenza.

2. I più comuni numeri di cilindri sono four, six e five. Anche se eight ha la fascia di prezzo più elevata.
3. mpfi e 2bbl sono i tipi più comuni del sistema di alimentazione. mpfi e idi hanno la fascia di prezzo più elevata, ma ci sono troppi pochi dati delle altre categorie per derivare qualsiasi significativa inferenza.
4. Un'importante differenza si ha nella feature drivewheel. Le auto a trazione rwd sembrano essere quelle con la fascia di prezzo più alta.

5.2 Step 3.2 : Visualizzazione delle feature numeriche

```
[19]: def scatter(x,fig):  
    plt.subplot(5,2,fig)  
    plt.scatter(cars[x],cars['price'])  
    plt.title(x+' vs Price')  
    plt.ylabel('Price')  
    plt.xlabel(x)  
  
plt.figure(figsize=(10,20))  
  
scatter('carlength', 1)  
scatter('carwidth', 2)  
scatter('carheight', 3)  
scatter('curbweight', 4)  
  
plt.tight_layout()
```

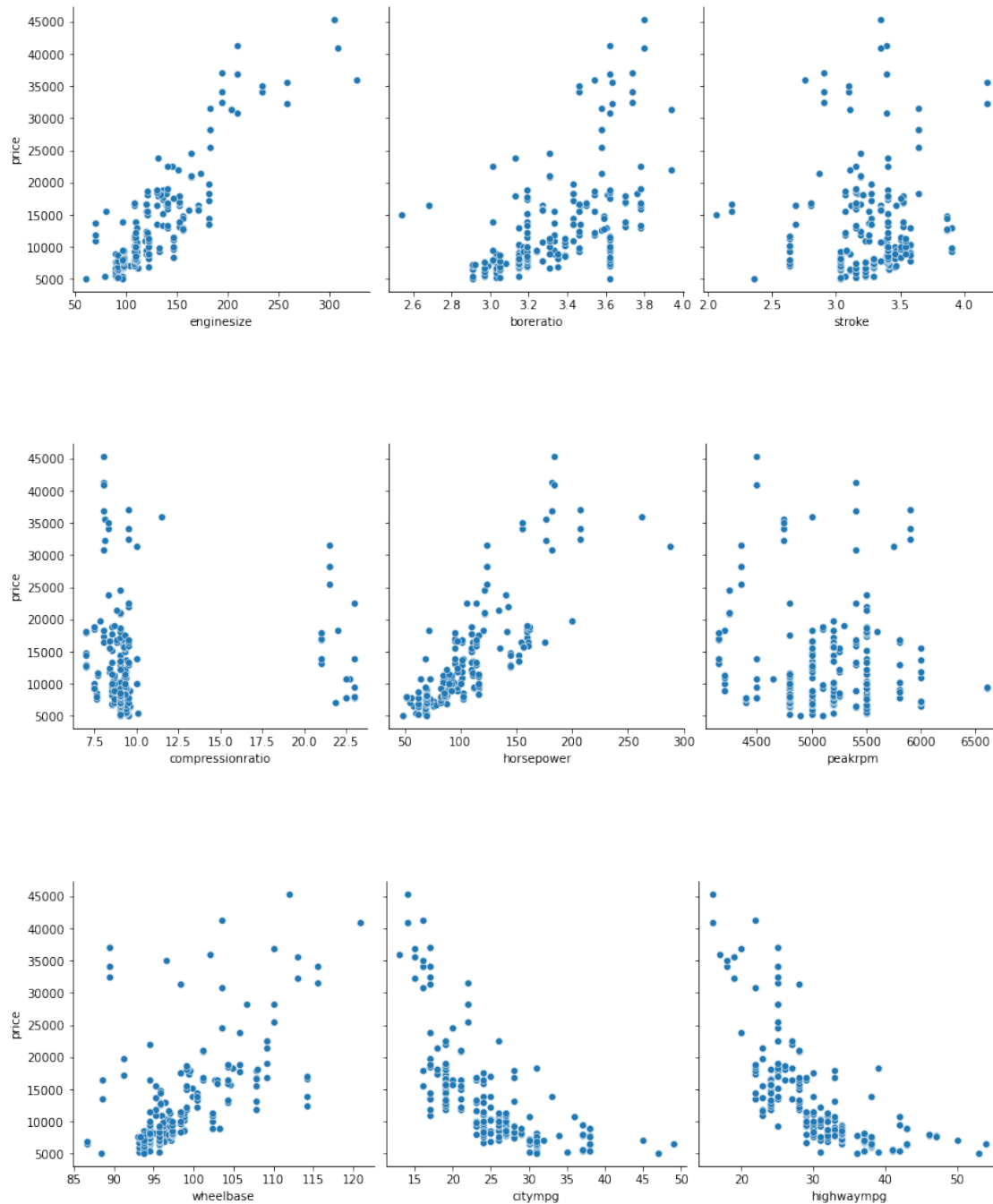


5.2.1 Inferenza :

1. carwidth, carlength e curbweight sembrano avere una significativa correlazione positiva con price.
2. carheight non mostra nessuna significativa correlazione con price.

```
[20]: def pp(x,y,z):
        sns.pairplot(cars, x_vars=[x,y,z], y_vars='price',height=4, aspect=1,
        kind='scatter')
        plt.show()

        pp('enginesize', 'boreratio', 'stroke')
        pp('compressionratio', 'horsepower', 'peakrpm')
        pp('wheelbase', 'citympg', 'highwaympg')
```



5.2.2 Inferenza :

1. enginesize, boreratio, horsepower e wheelbase sembrano avere una significativa correlazione positiva con price.
2. citympg e highwaympg sembrano avere una significativa correlazione negativa con price.

6 Step 4 : Derivazione di nuove features

- Si stima che ogni macchina consumi il 55% del proprio carburante in città e la restante parte, cioè il 45%, fuori città.

```
[21]: #Fuel economy
cars['fueleconomy'] = (0.55 * cars['citympg']) + (0.45 * cars['highwaympg'])
```

```
[22]: #Binning the Car Companies based on avg prices of each Company.
cars['price'] = cars['price'].astype('int')
temp = cars.copy()
table = temp.groupby(['CompanyName'])['price'].mean()
temp = temp.merge(table.reset_index(), how='left', on='CompanyName')
bins = [0,10000,20000,40000]
cars_bin=['Budget','Medium','Highend']
cars['carsrange'] = pd.cut(temp['price_y'],bins,right=False,labels=cars_bin)
cars
```

```
[22]:
```

	car_ID	symboling	CompanyName	fueltype	aspiration	doornumber	\
0	1	3	alfa-romero	gas	std	two	
1	2	3	alfa-romero	gas	std	two	
2	3	1	alfa-romero	gas	std	two	
3	4	2	audi	gas	std	four	
4	5	2	audi	gas	std	four	
..	
200	201	-1	volvo	gas	std	four	
201	202	-1	volvo	gas	turbo	four	
202	203	-1	volvo	gas	std	four	
203	204	-1	volvo	diesel	turbo	four	
204	205	-1	volvo	gas	turbo	four	

	carbody	drivewheel	engine location	wheelbase	...	bore ratio	stroke	\
0	convertible	rwd	front	88.6	...	3.47	2.68	
1	convertible	rwd	front	88.6	...	3.47	2.68	
2	hatchback	rwd	front	94.5	...	2.68	3.47	
3	sedan	fwd	front	99.8	...	3.19	3.40	
4	sedan	4wd	front	99.4	...	3.19	3.40	
..	
200	sedan	rwd	front	109.1	...	3.78	3.15	
201	sedan	rwd	front	109.1	...	3.78	3.15	
202	sedan	rwd	front	109.1	...	3.58	2.87	
203	sedan	rwd	front	109.1	...	3.01	3.40	
204	sedan	rwd	front	109.1	...	3.78	3.15	

	compressionratio	horsepower	peakrpm	citympg	highwaympg	price	\
0	9.0	111	5000	21	27	13495	
1	9.0	111	5000	21	27	16500	
2	9.0	154	5000	19	26	16500	

3	10.0	102	5500	24	30	13950
4	8.0	115	5500	18	22	17450
..
200	9.5	114	5400	23	28	16845
201	8.7	160	5300	19	25	19045
202	8.8	134	5500	18	23	21485
203	23.0	106	4800	26	27	22470
204	9.5	114	5400	19	25	22625

	fueleconomy	carsrange
0	23.70	Medium
1	23.70	Medium
2	22.15	Medium
3	26.70	Medium
4	19.80	Medium
..
200	25.25	Medium
201	21.70	Medium
202	20.25	Medium
203	26.45	Medium
204	21.70	Medium

[205 rows x 28 columns]

7 Step 5 : Analisi

```
[23]: plt.figure(figsize=(8,6))

plt.title('Fuel economy vs Price')
sns.scatterplot(x=cars['fueleconomy'],y=cars['price'],hue=cars['drivewheel'])
plt.xlabel('Fuel Economy')
plt.ylabel('Price')

plt.show()
plt.tight_layout()
```



<Figure size 432x288 with 0 Axes>

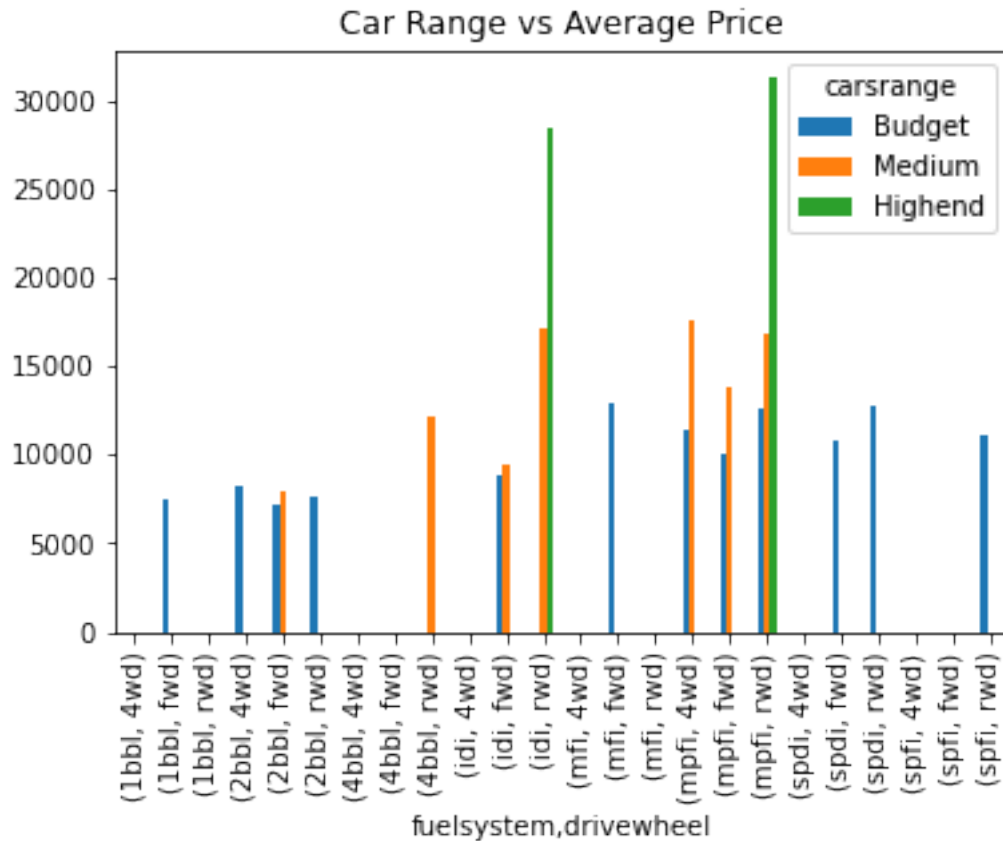
7.0.1 Inferenza :

1. fueleconomy ha un'importante correlazione negativa con price.

```
[24]: plt.figure(figsize=(25, 6))

df = pd.DataFrame(cars.groupby(['fuelsystem', 'drivewheel', 'carsrange'])['price'].
    →mean().unstack(fill_value=0))
df.plot.bar()
plt.title('Car Range vs Average Price')
plt.show()
```

<Figure size 1800x432 with 0 Axes>



7.0.2 Inferenza :

1. Le auto di alta gamma preferiscono la trazione rwd con sistema di alimentazione idi o mpfi.

7.0.3 Lista delle variabili significative dopo l'analisi effettuata

- Car Range
- Engine Type
- Fuel type
- Car Body
- Aspiration
- Cylinder Number
- Drivewheel
- Curbweight
- Car Length
- Car width
- Engine Size
- Boreratio
- Horse Power
- Wheel base

- Fuel Economy

```
[25]: cars = cars[['price', 'fueltype', 'aspiration', 'carbody', 'drivewheel', 'wheelbase',
    ↪ 'curbweight', 'enginetype', 'cylindernumber', 'enginesize',
    ↪ 'boreratio', 'horsepower',
    ↪ 'fueleconomy', 'carlength', 'carwidth', 'carsrange']]
cars.head()
```

```
[25]:
```

	price	fueltype	aspiration	carbody	drivewheel	wheelbase	curbweight	\
0	13495	gas	std	convertible	rwd	88.6	2548	
1	16500	gas	std	convertible	rwd	88.6	2548	
2	16500	gas	std	hatchback	rwd	94.5	2823	
3	13950	gas	std	sedan	fwd	99.8	2337	
4	17450	gas	std	sedan	4wd	99.4	2824	

	enginetype	cylindernumber	enginesize	boreratio	horsepower	fueleconomy	\
0	dohc	four	130	3.47	111	23.70	
1	dohc	four	130	3.47	111	23.70	
2	ohcv	six	152	2.68	154	22.15	
3	ohc	four	109	3.19	102	26.70	
4	ohc	five	136	3.19	115	19.80	

	carlength	carwidth	carsrange
0	168.8	64.1	Medium
1	168.8	64.1	Medium
2	171.2	65.5	Medium
3	176.6	66.2	Medium
4	176.6	66.4	Medium

8 Step 6 : Variabili fittizie

- Si trasformano le variabili categoriche in variabili fittizie.

```
[26]: # Defining the map function
def dummies(x,df):
    temp = pd.get_dummies(df[x], drop_first = True)
    df = pd.concat([df, temp], axis = 1)
    df.drop([x], axis = 1, inplace = True)
    return df
# Applying the function to the cars_lr

cars = dummies('fueltype',cars)
cars = dummies('aspiration',cars)
cars = dummies('carbody',cars)
cars = dummies('drivewheel',cars)
cars = dummies('enginetype',cars)
```

```
cars = dummies('cylindernumber', cars)
cars = dummies('carsrange', cars)
```

```
[27]: cars.head()
```

```
[27]:   price  wheelbase  curbweight  enginesize  boreratio  horsepower  \
0  13495         88.6         2548         130         3.47         111
1  16500         88.6         2548         130         3.47         111
2  16500         94.5         2823         152         2.68         154
3  13950         99.8         2337         109         3.19         102
4  17450         99.4         2824         136         3.19         115

   fueleconomy  carlength  carwidth  gas  ...  ohcv  rotor  five  four  six  \
0         23.70       168.8       64.1   1  ...    0     0     0     1     0
1         23.70       168.8       64.1   1  ...    0     0     0     1     0
2         22.15       171.2       65.5   1  ...    1     0     0     0     1
3         26.70       176.6       66.2   1  ...    0     0     0     1     0
4         19.80       176.6       66.4   1  ...    0     0     1     0     0

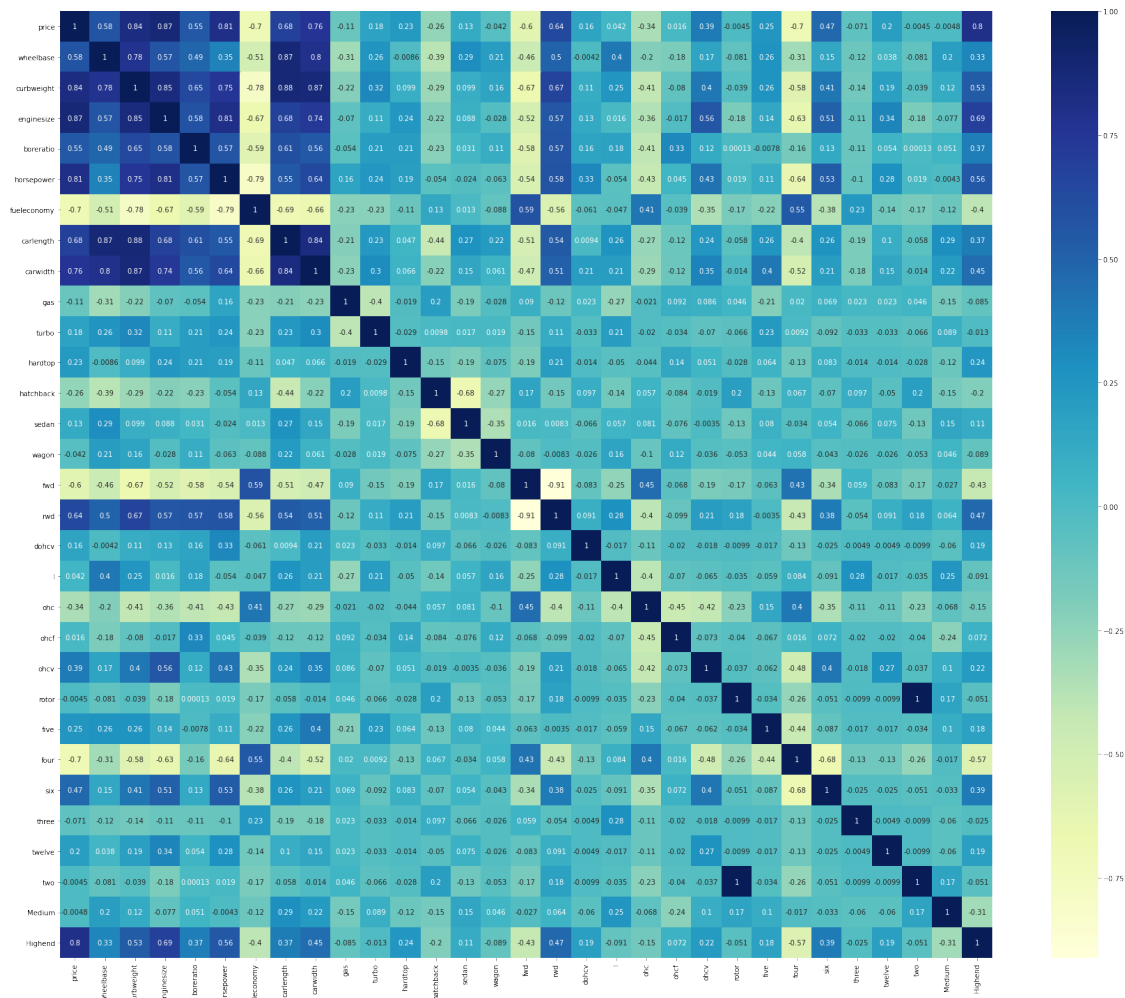
   three  twelve  two  Medium  Highend
0      0       0   0       1       0
1      0       0   0       1       0
2      0       0   0       1       0
3      0       0   0       1       0
4      0       0   0       1       0

[5 rows x 31 columns]
```

```
[28]: cars.shape
```

```
[28]: (205, 31)
```

```
[29]: #Correlation using heatmap
plt.figure(figsize = (30, 25))
sns.heatmap(cars.corr(), annot = True, cmap="YlGnBu")
plt.show()
```

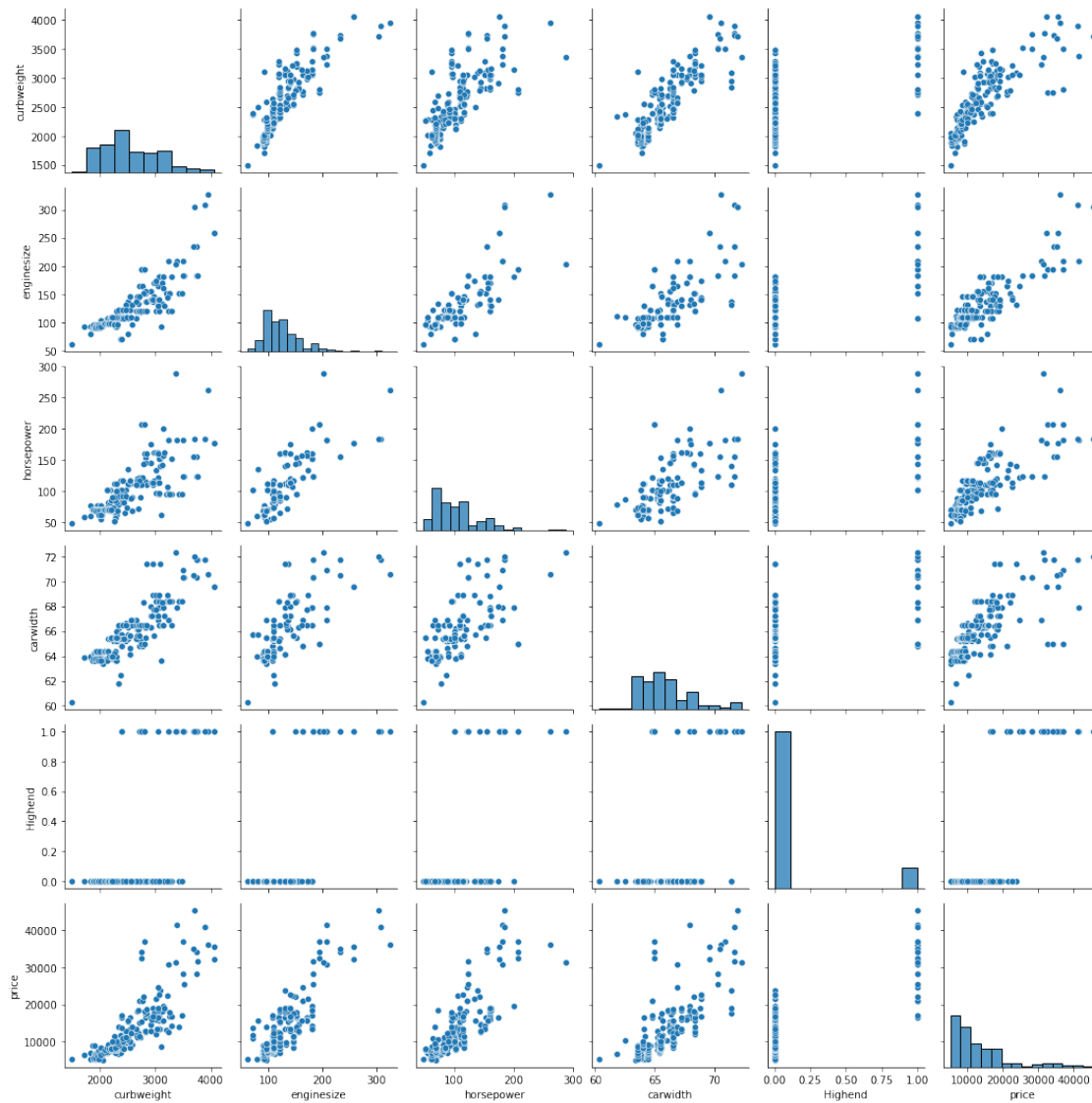


8.0.1 Inferenza

1. Le variabili più correlate al prezzo sono: curbweight, enginesize, horsepower, carwidth e Highend.

```
[30]: vars = ["curbweight", "enginesize", "horsepower", "carwidth", "Highend", "price"]
```

```
[31]: sns.pairplot(cars[vars])
plt.show()
```



9 Step 7 : Train-Test Split e standardizzazione

```
[32]: from sklearn.model_selection import train_test_split
```

```
X = cars[vars].drop("price", axis = 1).values
Y = cars["price"].values
```

```
np.random.seed(0)
```

```
X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y, test_size = 0.3,
↳ random_state = 100)
```

9.1 Step 7.1: standardizzazione

- Si standardizzano le variabili numeriche.

```
[33]: from sklearn.preprocessing import StandardScaler

ss = StandardScaler()
X_train = ss.fit_transform(X_train)
X_test = ss.transform(X_test)
```

10 Step 8 : Ricerca del modello di predizione più adatto

```
[34]: from sklearn.model_selection import GridSearchCV
from sklearn.metrics import r2_score, mean_squared_log_error
from sklearn.linear_model import LinearRegression, Lasso, Ridge, ElasticNet
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures

#Test the model in input
def try_model(model,parameters, X_train, Y_train, X_test, Y_test):
    mod = GridSearchCV(model, parameters, cv=None)
    mod.fit(X_train, Y_train)
    Y_pred_test = mod.predict(X_test)
    Y_pred_train = mod.predict(X_train)

    print("\nTrain Metrics: ")
    print("Mean squared log error train: ", mean_squared_log_error(Y_train, Y_pred_train))
    print("R2 score pred train: ", r2_score(Y_train, Y_pred_train))
    print("\nTest Metrics: ")
    print("Mean squared log error test: ", mean_squared_log_error(Y_test, Y_pred_test))
    print("R2 score pred test: ", r2_score(Y_test, Y_pred_test))

    # EVALUATION OF THE MODEL
    # Plotting y_test and y_pred to understand the spread.
    fig = plt.figure()
    plt.scatter(Y_test, Y_pred_test)
    fig.suptitle('Y test vs Y predicted', fontsize=20) # Plot heading
    plt.xlabel('Y test', fontsize=18) # X-label
    plt.ylabel('Y predicted', fontsize=16)
    plt.show()
```

10.1 REGRESSIONE LINEARE

```
[35]: parameters = {'fit_intercept': [True, False], 'normalize': [True, False],  
→ 'copy_X': [True, False]}  
try_model(LinearRegression(), parameters, X_train, Y_train, X_test, Y_test)
```

Train Metrics:

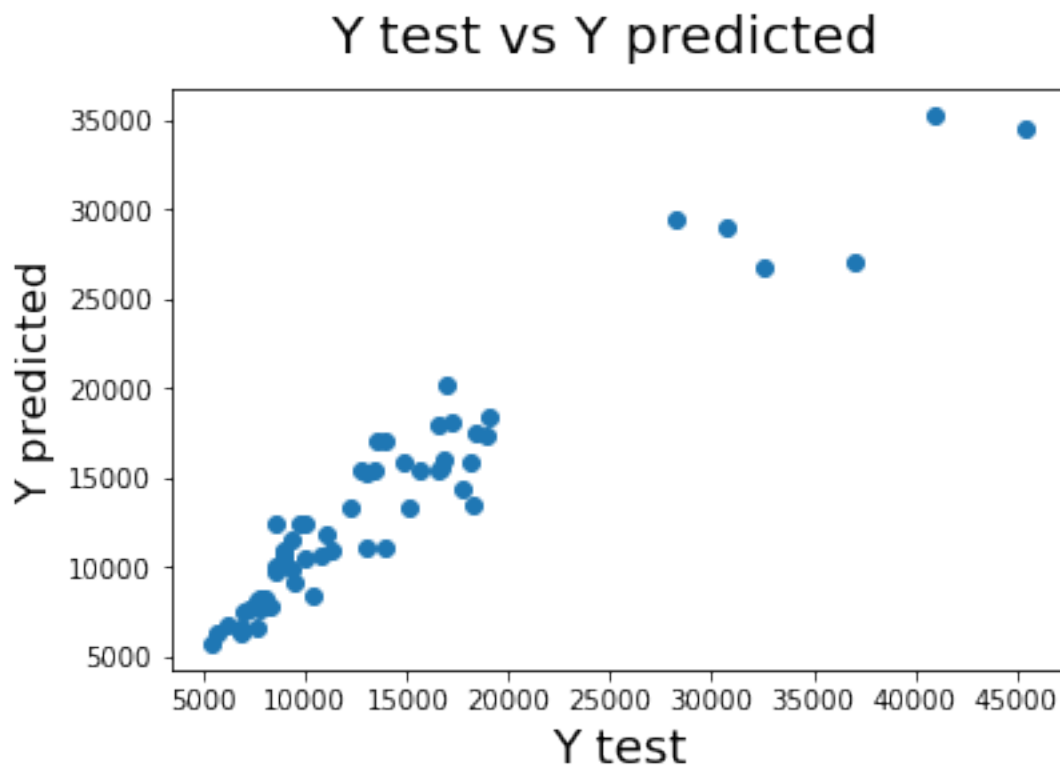
Mean squared log error train: 0.03526899049237338

R2 score pred train: 0.9102931286100621

Test Metrics:

Mean squared log error test: 0.022349529792874162

R2 score pred test: 0.8926447826156122



10.2 MODELLO LASSO

```
[36]: parameters = {'alpha': [0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1., 10.], 'fit_intercept':  
→ [True, False], 'normalize': [True, False],  
→ 'copy_X': [True, False],  
→ 'precompute': [True, False], 'max_iter': [i for i in range(1000,  
→ 10000, 500)]},
```

```

        'warm_start': [True, False],
        'positive': [True, False], 'selection': ['cyclic', 'random']}
try_model(Lasso(), parameters, X_train, Y_train, X_test, Y_test)

```

Train Metrics:

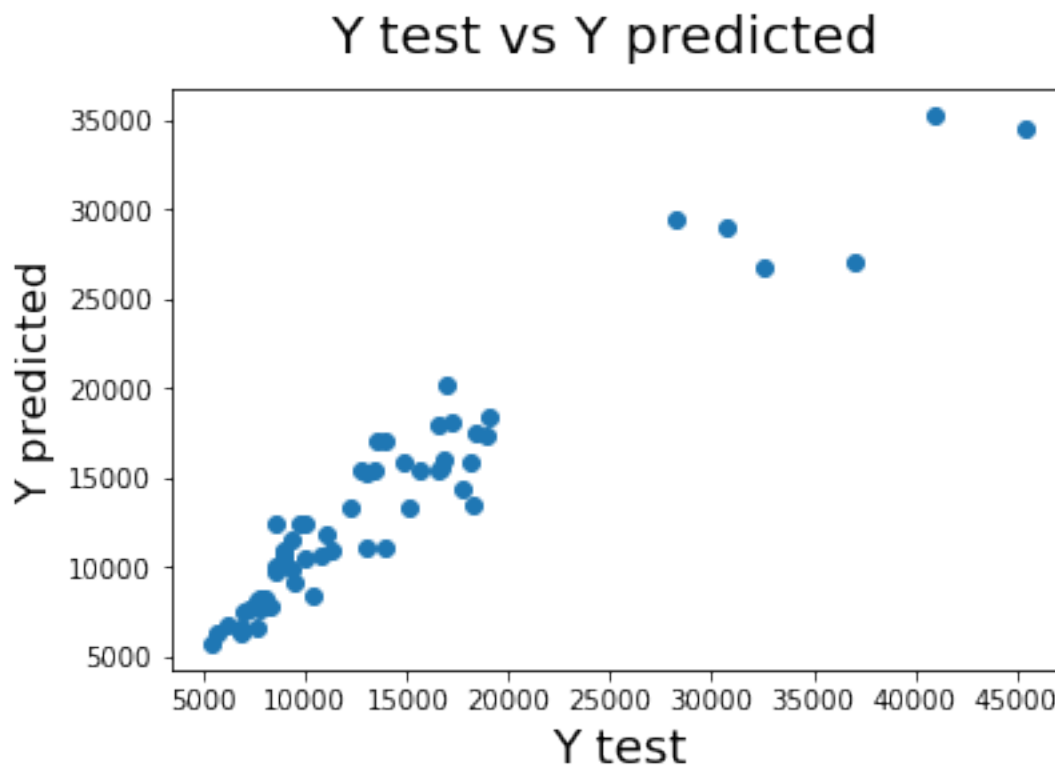
Mean squared log error train: 0.03504887470678584

R2 score pred train: 0.9102907477342123

Test Metrics:

Mean squared log error test: 0.022395610977003638

R2 score pred test: 0.8922727990566587



10.3 MODELLO RIDGE

```

[37]: parameters = {'alpha': [0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1., 10.], 'fit_intercept':
→[True, False], 'normalize': [True, False],
        'copy_X': [True, False],
        'max_iter': [i for i in range(1000, 10000, 500)],
        'solver': ['auto', 'svd', 'cholesky', 'lsqr', 'sparse_cg', 'sag',
→'saga']}
try_model(Ridge(), parameters, X_train, Y_train, X_test, Y_test)

```

Train Metrics:

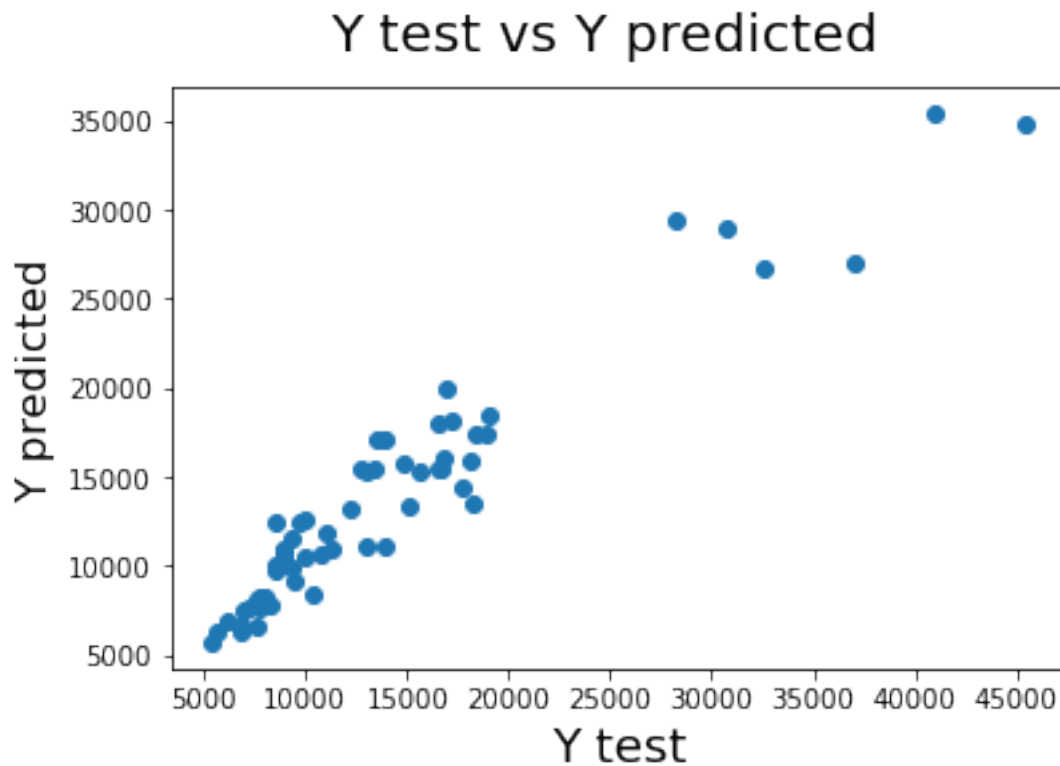
Mean squared log error train: 0.03549177891552918

R2 score pred train: 0.9102576926309367

Test Metrics:

Mean squared log error test: 0.022591263000712333

R2 score pred test: 0.8930200192604221



10.4 MODELLO ELASTICNET

```
[38]: parameters = {'alpha': [0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1., 10.], 'l1_ratio': [0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0],
                  'fit_intercept': [True, False], 'normalize': [True, False],
                  'copy_X': [True, False],
                  'precompute': [True, False],
                  'warm_start': [True, False],
                  'max_iter': [i for i in range(1000, 10000, 500)],
                  'selection': ['cyclic', 'random']}
try_model(ElasticNet(), parameters, X_train, Y_train, X_test, Y_test)
```


Train Metrics:

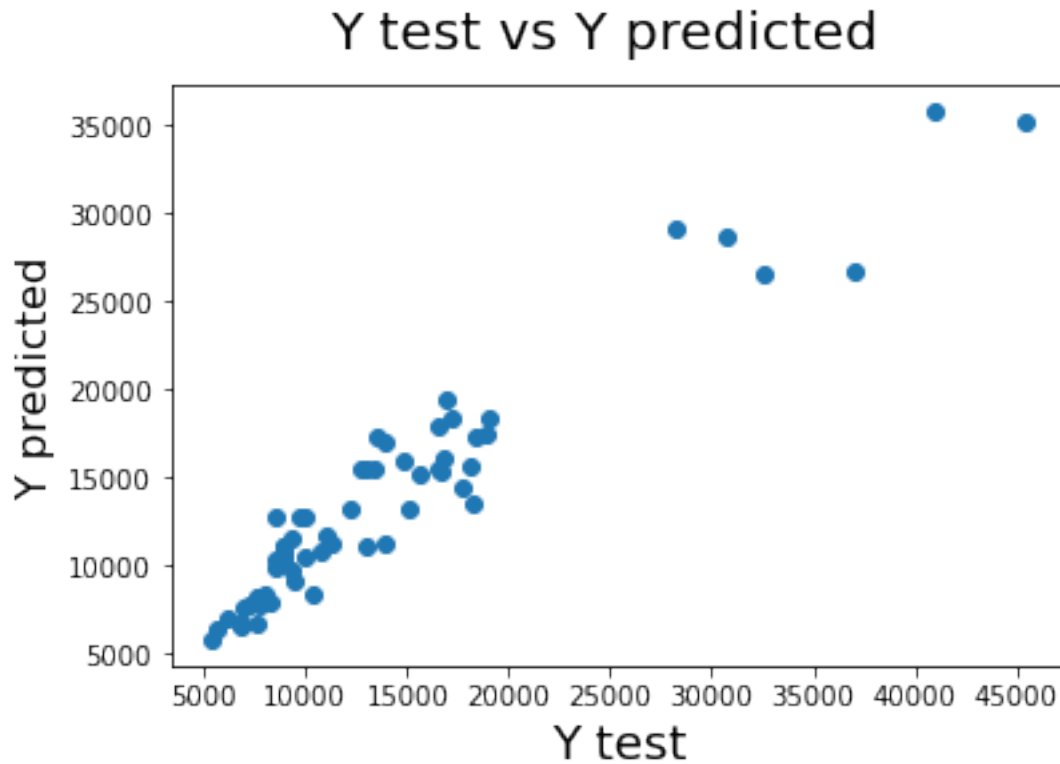
Mean squared log error train: 0.035941623637315456

R2 score pred train: 0.9095775386979942

Test Metrics:

Mean squared log error test: 0.02360185060543485

R2 score pred test: 0.8926655295167302



10.5 REGRESSIONE POLINOMIALE DI GRADO 2

```
[39]: parameters = {'fit_intercept': [True, False], 'normalize': [True, False],  
    ↪ 'copy_X': [True, False]}  
polyfeats = PolynomialFeatures(degree=2)  
X_train_poly = polyfeats.fit_transform(X_train)  
X_test_poly = polyfeats.transform(X_test)  
try_model(LinearRegression(), parameters, X_train_poly, Y_train, X_test_poly,  
    ↪ Y_test)
```

Train Metrics:

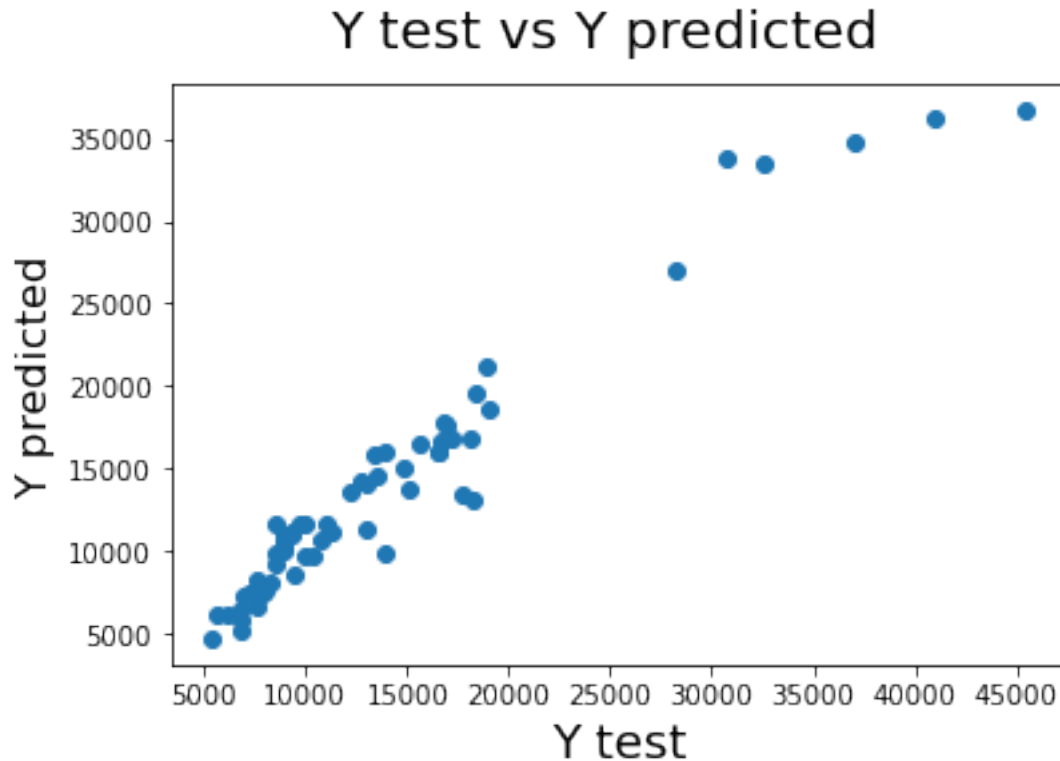
Mean squared log error train: 0.02221263994929535

R2 score pred train: 0.9442367326282824

Test Metrics:

Mean squared log error test: 0.017551984459917416

R2 score pred test: 0.9409112621374752



10.5.1 Inferenza:

1. Si evince che il modello più adatto è la regressione polinomiale di grado 2.
2. Non è presente overfitting.
3. R-squared della regressione polinomiale è di 0.9409 e il Mean Squared Log Error è di 0.017.

11 KNOWLEDGE BASE

11.1 Introduzione

1. Si è creato un algoritmo che legge i dati delle auto presenti nel dataset in formato csv.
 2. Si sono estratte le features di interesse, le quali sono state inserite all'interno della knowledge base.
- Si è implementata una knowledge base nella quale sono stati inseriti:
 - tutti i nomi delle aziende automobilistiche;
 - i sistemi di alimentazione;
 - il tipo di alimentazione di ogni modello di auto;

- tutti i modelli di ogni azienda automobilistica;
- la tipologia di macchina per ogni modello;
- la fascia di prezzo di ogni azienda automobilistica.

```
[40]: from pyswip import Prolog

prolog = Prolog()
prolog.consult("data/knowledgeBase.pl")
```

11.2 Creazione della Knowledge Base

11.2.1 Funzione di gestione stringa

- Questa funzione ritorna vero se la stringa non è vuota o composta da soli spazi.

```
[44]: def is_not_blank(s):
        if s and s.strip():
            return True
        return False
```

11.2.2 Funzioni di scrittura di clausole

```
[45]: # Generating company
for string in np.unique(cars['companyName']):
    if is_not_blank(string):
        file_data += "company(\"" + string + "\").\n"

file_data += "\n"

# Generating fuelType
for string in np.unique(cars['fueltype']):
    if is_not_blank(string):
        file_data += "fuelType(\"" + string + "\").\n"

file_data += "\n"

# Generating model - fuelType
for row in cars.itertuples():
    model = row[3]
    fuel = row[5]
    string = "fuelCar(\"" + model + "\",\"" + fuel + "\")."

    if is_not_blank(model) and is_not_blank(fuel) and (string not in file_data):
        file_data += string + "\n"

file_data += "\n"

# Generating company - model
```

```

for row in cars.itertuples():
    company = row[4]
    model = row[3]
    string = "companyModel(\"" + company + "\",\"" + model + "\")."

    if is_not_blank(company) and is_not_blank(model) and (string not in
→file_data):
        file_data += string + "\n"

file_data += "\n"

# Generating model - carbody
for row in cars.itertuples():
    model = row[3]
    carbody = row[8]
    string = "modelBody(\"" + model + "\",\"" + carbody + "\")."

    if is_not_blank(model) and is_not_blank(carbody) and (string not in
→file_data):
        file_data += string + "\n"

file_data += "\n"

# Generating model - carsrange
for row in cars.itertuples():
    company = row[4]
    carsrange = row[28]
    string = "carsrange(\"" + company + "\",\"" + str(carsrange) + "\")."

    if is_not_blank(company) and (string not in file_data):
        file_data += string + "\n"

```

11.2.3 Scrittura della Knowledge Base

```

[46]: knowledge_base = open(KNOWLEDGE_BASE_PATH, mode="w")
knowledge_base.write(file_data)
knowledge_base.close()

print("\nFile created in: ", KNOWLEDGE_BASE_PATH)

```

File created in: data/knowledgeBase.pl

11.3 Funzioni di base della Knowledge Base

11.3.1 Funzioni di gestione di clausole e query

- Si sono create funzioni di aggiunta e cancellazione di clausole e di interrogazione della knowledge base in Prolog.

```
[47]: def addAssert(prolog, str):  
    prolog.assertz(str)  
  
def deleteAssert(prolog, str):  
    prolog.retract(str)  
  
def query(prolog, str):  
    qr = (str + ".")  
    return list(prolog.query(qr))
```

11.3.2 Funzione di ricerca di modelli di auto in base al carburante

```
[48]: def fuelSearch():  
    a = input("Quale tipologia di carburante ti interessa? ")  
    a = a.lower()  
    print(query(prolog, "fuelCar(X,\"\" + a + "\"")
```

11.3.3 Funzione di ricerca di modelli di auto in base alla società automobilistica

```
[49]: def modelSearch():  
    a = input("Di quale marca vuoi visualizzare i modelli disponibili? ")  
    a = a.lower()  
    print(query(prolog, "companyModel(\"\" + a + "\", Y")
```

11.3.4 Funzione di ricerca della società automobilistica di un dato modello di auto

```
[50]: def companySearch():  
    a = input("Di quale modello vuoi sapere la marca? ")  
    a = a.lower()  
    print(query(prolog, "companyModel(X,\"\" + a + "\"")
```

11.3.5 Funzione di ricerca di società automobilistiche di una data fascia di prezzo

```
[51]: def budgetSearch():  
    a = input("Quale fascia di prezzo di marca ti interessa (bassa/media/alta)?_  
    →")  
    a = a.lower()  
    if a == "bassa":  
        a = "budget"
```

```

elif a == "media":
    a = "medium"
elif a == "alta":
    a = "highend"
else:
    print("Scelta errata")
print(query(prolog, "carsrange(X,\"\" + a + "\"")"))

```

11.3.6 Funzione di ricerca del modello in base alla tipologia di auto

```

[52]: def modelBodySearch():
    a = input("Quale tipologia di auto ti interessa (hatchback, sedan, wagon, hardtop, convertible)? ")
    a = a.lower()
    print(query(prolog, "modelBody(X,\"\" + a + "\"")"))

```

11.3.7 Interfaccia per l'interazione con la Knowledge Base

```

[53]: print("##### BENVENUTO #####")
answer = input("Area di interesse:\n"
               "1) CARBURANTE \n"
               "2) MARCA->MODELLO \n"
               "3) MODELLO->MARCA \n"
               "4) TIPOLOGIA\n"
               "5) BUDGET\n"
               "X) USCITA\n"
               "Quale area di interesse visualizzare?: ")
while answer[0] != ("x") and answer[0] != ("X"):
    if answer[0] == "1":
        fuelSearch()
    elif answer[0] == "2":
        modelSearch()
    elif answer[0] == "3":
        companySearch()
    elif answer[0] == "4":
        modelBodySearch()
    elif answer[0] == "5":
        budgetSearch()
    else:
        print("RISPOSTA ERRATA!")
    answer = input("Quale area di interesse visualizzare?: ")

```

```

##### BENVENUTO #####
Area di interesse:
1) CARBURANTE
2) MARCA->MODELLO
3) MODELLO->MARCA

```

4) TIPOLOGIA

5) BUDGET

X) USCITA

Quale area di interesse visualizzare?: 5

Quale fascia di prezzo di marca ti interessa (bassa/media/alta)? media

```
[{'X': b'alfa-romero'}, {'X': b'audi'}, {'X': b'mazda'}, {'X': b'mercury'},  
{'X': b'nissan'}, {'X': b'peugeot'}, {'X': b'saab'}, {'X': b'volkswagen'}, {'X':  
b'volvo'}]
```

- 'X' è la feature ricercata

12 Progettazione e Sviluppo

12.1 Sviluppi Futuri

In futuro, il progetto da noi sviluppato potrà essere utilizzato in larga scala da più aziende automobilistiche per la predizione dei prezzi di vendita in diversi mercati del mondo, ma anche in diversi contesti d'uso: un esempio consiste nel riadattare il software per la stima di prezzi di auto usate. Per far ciò sarà necessario utilizzare un dataset. Per quanto riguarda la base di conoscenza, ciò che è stato inserito nel nostro progetto, è una piccola demo a dimostrazione delle grandi potenzialità che lo strumento implementato può offrire: ad oggi è utilizzato per visualizzare informazioni sulle auto ma in uno sviluppo futuro potrebbe essere utilizzato per la diagnostica di malfunzionamenti delle auto usate che potrebbe, quindi, influenzare il costo di vendita.